

University of Groningen

Bewegingscentra van de lagere halswervelkolom. Radiologisch bewegingsonderzoek bij normale proefpersonen. Klinische betekenis bij discusaandoening C5/6

Vortman, Bernard Jacob

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1992

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Vortman, B. J. (1992). *Bewegingscentra van de lagere halswervelkolom. Radiologisch bewegingsonderzoek bij normale proefpersonen. Klinische betekenis bij discusaandoening C5/6*. [, Rijksuniversiteit Groningen]. [S.n.].

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

BEWEGINGSCENTRA
VAN DE
LAGERE HALSWERVELKOLOM

B. J. VORTMAN

RIJKSUNIVERSITEIT GRONINGEN

BEWEGINGSCENTRA VAN DE LAGERE HALSWERVELKOLOM

radiologisch bewegingsonderzoek
bij normale proefpersonen
klinische betekenis bij discusaandoening C5/6

Proefschrift

ter verkrijging van het doctoraat in de Geneeskunde
aan de Rijksuniversiteit Groningen op gezag van de
Rector Magnificus Dr. S. K. Kuipers in het openbaar
te verdedigen op woensdag 14 oktober 1992 des
namiddags te 4.00 uur

door

Bernard Jacob Vortman
geboren op 12 september 1943 te Zwolle

Promotores:

Prof. W. H. Eisma
Prof. Dr. L. Penning

STELLINGEN

behorende bij het proefschrift:

BEWEGINGSCENTRA VAN DE LAGERE HALSWERVELKOLOM

radiologisch bewegingsonderzoek bij normale proefpersonen

klinische betekenis bij discussaandoening C5/6

1. Radiologische actieve functieopnamen (de patient neemt zelf de anteflexie- en extensiepositie in) zijn, voor het verkrijgen van een goed oordeel over de functie van de halswervelkolom in het sagittale vlak, doorgaans ontoereikend.
2. Een goed radiologisch criterium voor het bestaan van klinische instabiliteit is de aanwezigheid van een abnormaal verschil in ligging van het actieve en passieve segmentale bewegingscentrum, bepaald met behulp van actief en passief functieonderzoek.
3. Elke arts, die regelmatig patiënten met klachten samenhangend met het bewegingsapparaat onderzoekt en behandelt, dient kennis te hebben van de diagnostische en therapeutische mogelijkheden van de manuele geneeskunde. Elke Nederlandse medische faculteit dient derhalve in het onderwijs hiervan te voorzien.
4. Een blokkering (reversibele funktiestoornis van een gewricht) is gekenmerkt door verlies van "joint play". Het daarbij verstoorde translatoir bewegen is aantoonbaar met behulp van de bepaling van de bewegingscentra.
5. Een manipulatie is een effectieve manier van behandelen van een blokkering.
6. Gezien het feit dat manipulatie van de halswervelkolom kan leiden tot ernstige complicaties, mag deze behandeling slechts plaatsvinden na zorgvuldig deskundig medisch vooronderzoek.
7. De indicatie voor een lumbale spondylodese op grond van het resultaat van het dragen van een proefgipskorset is discutabel. Klachtenvermindering door een dergelijk korset dient gevolgd te worden door orthesevoorziening.
8. Bij behandeling van pijnklachten van het bewegingsapparaat geldt (tenzij sprake is van arthritis): mobilisatie gaat vóór corticosteroid-infiltratie.

9. De aanleg van fietsroutes door het Amsterdamse Waterleiding-duin betekent een verstoring van de natuur en de rust van dit schitterende duinlandschap.
10. Het is moeilijk voorstelbaar, dat de mate van roodverschuiving van het spectrum van een hemelobject niet alleen een maat is voor de snelheid waarmee dat object van ons af beweegt doch ook voor de afstand welke dat object van ons verwijderd is.
11. De wijze waarop Rijkswaterstaat de snelheidsbeperkende maatregelen ter voorkoming van filevorming introduceert, wekt de suggestie, dat sprake is van een wondermiddel. De werking is echter niet curatief, doch slechts palliatief.

B.J.Vortman
Groningen, 14 oktober 1992

AFKORTINGEN

A	afstand tussen twee bewegingscentra; of (in samen-voegsels) actief
A-BI	(bij clusteranalyse) gemiddelde afstand van elk punt tot elk ander punt binnen een cluster punten (bewegingscentra); cq. halve som van de A-BI-waarden van twee clusters
ACT	actief
A-TU	(bij clusteranalyse) gemiddelde afstand tussen twee clusters, zodanig bepaald dat van elk punt van het ene cluster is gemeten tot elk punt van het andere cluster
BC	bewegingscentrum
C	cervicale wervel (gevolgd door nummer 2 t/m 7)
coörd.	coördinaat
cos	cosinus
CR	(bij clusteranalyse) clusterratio, het quotiënt van A-TU gedeeld door de 1/2 som van beide A-BI-waarden
c.w.k.	cervicale wervelkolom
D	materiaal van personen met op de röntgenfoto een discusversmalling C5/6 (de DZ- en DM-serie samen)
d	discushoogte
DM	serie materiaal van personen met op de röntgenfoto een Discusversmalling C5/6 en Met klachten en bepaalde bevindingen bij fysisch onderzoek
DMM	de mannen van de DM-serie
DMV	de vrouwen van de DM-serie
DZ	serie materiaal van personen met op de röntgenfoto een Discusversmalling C5/6 en Zonder klachten
DZM	de (enige) man van de DZ-serie (DZ-6)
DZV	de vrouwen van de DZ-serie
EXT	extensie
FE	het bewegingstraject tussen anteflexie en extensie
FE-A	FE bij actief bewegen
FE-P	FE bij passief bewegen
FLEX	(ante)flexie
GCR	gecorrigeerde clusterratio
gem.	gemiddeld
GM	gemiddelde meetfout
H	hoogte van het wervellichaam, gemeten aan de dorsale zijde
L	voor-/achterwaartse lengte van het wervellichaam, gemeten langs de onderzijde
LT	(gemiddelde) leeftijd
M	mannen, mannelijk of serie materiaal van jongere mannelijke proefpersonen
mm.	millimeter
m.u.v.	met uitzondering van
N	(bij röntgenfoto's) opname in de neutrale stand
NE	het bewegingstraject tussen de neutrale stand en extensie
NE-A	NE bij actief bewegen
NE-P	NE bij passief bewegen
NF	het bewegingstraject tussen de neutrale stand en anteflexie
NF-A	NF bij actief bewegen
NF-P	NF bij passief bewegen







nl.	namelijk
OM	serie materiaal van oudere mannelijke proefpersonen
OMO	de 5 oudste mannen van de OM-serie
OV	serie materiaal van oudere vrouwelijke proefpersonen
OVO	de 5 oudste vrouwen van de OV-serie
P	(in samenvoegsels) passief
p	kans, mate van betrouwbaarheid
PASS	passief
plm.	plusminus
proc.	processus
resp.	respectievelijk
sd.	standaarddeviatie
sin	sinus
T	translatie
t	waarde bij de Studenttoets
t.o.v.	ten opzichte van
V	serie materiaal van jongere vrouwelijke proefpersonen
v/a	voor-/achterwaarts
var.	variantie
WL	wervellichaam
X	abcis in het coördinatenstelsel
X'	abcis in de standaardwervel
X''	als X', doch waarde welke bij herleiden ontstaat
Y	ordinaat in het coördinatenstelsel
Y'	ordinaat in de standaardwervel
Y''	als Y', doch waarde welke bij herleiden ontstaat

SYMBOLEN

In afbeeldingen worden de 6 bewegingscentra steeds door dezelfde symbolen voorgesteld.

Het centrum van het totale FE-traject wordt voorgesteld door een cirkel. De centra van de deeltrajecten anteflexie en extensie worden voorgesteld door resp. een driehoek en een vierkant. De bewegingscentra bij actief bewegen zijn "open" (wit), die bij passief bewegen "gesloten" (zwart).

Daar waar zowel pendelingen bij actief als passief bewegen worden afgebeeld is de actieve pendeling een onderbroken lijn en de passieve een doorgetrokken lijn.

totale traject:	actief 	passief 
anteflexie:	actief 	passief 
extensie:	actief 	passief 

actief bewegen — — — — — passief bewegen —————

< kleiner dan <- kleiner dan of gelijk aan
> groter dan >- groter dan of gelijk aan

VOORWOORD

Dit is het laatste, wat ik schrijf. Een nawoord dus. Wat ik nu nog te zeggen heb, verdient een betere plaats dan helemaal achterin het boek. Ik noem het dus voorwoord.

Het is een terugblik op hoe alles verlopen is. Daarbij tevens een dankwoord aan al diegenen, die mij bij mijn onderzoek hebben geholpen, op welke wijze dan ook.

Het was in 1985. Ik had een onderzoek gedaan naar de segmentale cervicale rotatoire mobiliteit voor en na manipulatieve behandeling bij 100 patienten (ik vond geen verschil!) en schreef een manuscript. Nog goed herinner ik me de gesprekken die daarna volgden met Prof.Dr.L.Penning en Prof.W.H.Eisma.

Beste Lourens, met jouw scepsis omtrent blokkeringen, met name dat de radiologie niet geschikt was om deze aan te tonen, heb je mij uitgedaagd. Ik zal hierover binnenkort publiceren.

Het is jouw verdienste geweest, mij op het spoor van de bewegingscentra te zetten. Ik ben je hiervoor erg dankbaar.

Beste Willem, ik realiseer me dat het lezen van mijn manuscript tijdens jouw vakantie een aanslag was op het vakantieplezier. Het spijt me. Je mening over de inhoud van het manuscript was helder en duidelijk. Het inspireerde me.

Ik ben dus toen opnieuw begonnen. Een, achteraf bezien, zeer tijdrovend onderzoek. Het heeft me echter ook veel plezier gegeven, vooral toen duidelijk werd, dat er ook "iets uit kwam".

Lourens, jij hebt me hierbij erg veel geholpen. Zowel bij de opzet als bij de uitwerking en het schrijven. Met grote waardering kijk ik hierop terug.

Ook jij, Willem, bent steeds bij mijn onderzoek betrokken geweest. Voor al jouw hulp ben ik je zeer erkentelijk.

Veel dank aan jullie beiden hiervoor!

Prof.Dr.J.Drukker, Prof.Dr.J.M.Minderhoud en Prof.Dr.C.J.P.Thijn namen zitting in mijn promotiecommissie. Ik dank hun voor de bereidheid hiertoe.

Veel dank ben ik verschuldigd aan de statistici Dr.L.Dijkstra en Dr.W.J.J.Rey. Beste Lieuwe, jouw idee om bewegingscentra met hulp van clusteranalyse van elkaar te onderscheiden bleek uiteindelijk in de praktijk de meest bruikbare. Beste William, veel dank voor je bereidheid mij te helpen. In de vele uren die we samen doorbrachten heb je me meer inzicht gegeven in de (on-) mogelijkheden van de statistiek. Bovendien, jouw benadering van het hoofdstuk "klinische relevantie" heeft me getroffen.

Mw.Drs.E.de Deugd was bereid mijn Nederlandse tekst te corrigeren. Beste Else, drie versies heb je voor me doorgenomen. Ik heb er aardig wat van geleerd. Heel hartelijk dank.

Ook dank aan Mw.Drs.E.J.van Weemen-Schoppen voor de Engelse vertaling van de samenvatting. Beste Elisabeth, jouw kritische benadering van teksten frappeerde me.

Byzonder veel dank gaat uit naar het bestuur en alle medewerkers van de Stichting Manuele Geneeskunde.

Alle huidige en voormalige bestuursleden ben ik erkentelijk voor de vele blijken van belangstelling voor mijn onderzoek en voor de aan mij verleende faciliteiten.

Een bijzonder woord van dank richt ik aan Ir.C.Dorsman, voormalig vice-voorzitter van het bestuur der Stichting. Beste Kees, je las het hele manuscript en poneerde een meetkundige visie over de meetprocedure. Met veel plezier kijk ik terug naar de leuke, maar ook diepgaande gesprekken welke we hadden.

De medische staf heeft mij bij mijn werk steeds geholpen, ondersteund en ontzien. Dit geldt in het bijzonder de beide collegae L.L.J.M.van Deursen en Dr.J.Patiijn. Beste Leo en Jaap, ik heb veel waardering voor jullie bijdrage. Vooral het begrip dat jullie toonden voor mijn situatie maakte het mij mogelijk, mijn onderzoek af te ronden.

Mw.M.G. de Leeuw-Ambrosius en Mw.M.J.H.Reulen-Bremmers, beiden röntgenlaborante, hebben mij geholpen bij het vervaardigen van de foto's. Margriet en Marianne, heel hartelijk dank.

Mw.E.J.Naninck-Tyssen heeft veel voor mij gedaan, teveel om op te noemen. Beste Elly, steeds was je bereid om mij te helpen. Heel erg bedankt daarvoor.

De beide medewerkers van de receptie, Mw.M.A.Toenders-van Doorn en Mw.H.E.M.Bijsterveld-Sanders hebben ook een bijdrage geleverd. "Janneke" en Erna, ik dank jullie voor alle hulp.

Mw.E.de Koning, helaas door haar ziekte al lang niet meer bij ons, heeft voor mij het hele eerste manuscript getypt. Elisabeth, alsnog heel erg bedankt daarvoor.

Mijn beide paranimfen hebben voor mij een speciale betekenis.

Ik ben blij dat jullie, die van zo dichtbij alles meemaakten, mij bijstaan.

Jij Jaap, dank je wel, nogmaals.

En tenslotte jij, lieve Annet, mijn vrouw. Dit is dan echt het laatste waar je me mee helpt.

Graag wil ik mijn dankwoord besluiten met een woord dat ik richt tot Dr.Ir.F.J.Philips.

Het is nu bijna 25 jaar geleden dat U de Stichting Manuele Geneeskunde oprichtte. Iets byzonders, een industrieel die zich met geneeskunde bemoeit. Uw motivatie kwam voort uit eenzelfde ervaring als ik later in de tijd ook had: het aan den lijve ondervinden van het positieve effect van behandeling met een manipulatie.

Ik vind, dat Uw initiatief voor Nederland een weldaad is geweest. Velen, werkzaam in de gezondheidszorg, zijn intussen opgeleid.

Ontelbare patiënten zijn intussen behandeld, vaak met positief effect.

Ik dank U, mede namens al die patiënten, voor het goede wat U in Nederland in gang hebt gezet.

INHOUD

AFKORTINGEN, SYMBOLEN, BEGRIPPEN EN OPMERKINGEN

I.	INLEIDING EN VRAAGSTELLING	11
II.	MEETMETHODE	13
III.	MATERIAAL EN METHODE	18
IV.	MEETFOUTANALYSE	25
	IV.1 Inleiding	25
	IV.2 Oriënterend onderzoek	25
	IV.3 Foutensimulatie	25
	IV.4 Afwijkende wervelcontouren	27
	IV.5 Nader onderzoek naar de relatie tussen meetfout en draaihoek	29
	IV.6 Interobservers	30
	IV.7 Herhalingsfout	31
	IV.8 Segmenten met zeer kleine draaihoeken	34
	IV.9 Conclusie	37
V.	NORMALE PROEFPERSONEN	38
	V.1 Bewegingscentra en pendeling	38
	V.2 Pendelpatronen	48
	V.3 Rotatoire mobiliteit	53
	V.4 Translatoire mobiliteit	55
	V.5 Bewegingscentrum en mobiliteit bij ouder worden	56
	V.6 Conclusie	58
VI.	DISCUSVERSMALLING C5/6	59
	VI.1 Segment C5/6 - Bewegingscentra en pendeling	59
	VI.2 Segment C5/6 - Pendelpatronen	66
	VI.3 Overige segmenten - Bewegingscentra en pendeling	66
	VI.4 Overige segmenten - Pendelpatronen	72
	VI.5 Rotatoire mobiliteit	77
	VI.6 Translatoire mobiliteit	81
	VI.7 Rotatoire versus translatoire mobiliteit	82
	VI.8 Conclusie	85
VII.	KLINISCHE RELEVANTIE	87
VIII.	NABESCHOUWING	90
	SAMENVATTING	93
	SUMMARY	95
	APPENDIX	97
	LITERATUUR	
	TABELLENBIJLAGE	
	CURRICULUM VITAE	

AFKORTINGEN

A	afstand tussen twee bewegingscentra; of (in samen-voegsels) actief
A-BI	(bij clusteranalyse) gemiddelde afstand van elk punt tot elk ander punt binnen een cluster punten (bewegingscentra); cq. halve som van de A-BI-waarden van twee clusters
ACT	actief
A-TU	(bij clusteranalyse) gemiddelde afstand tussen twee clusters, zodanig bepaald dat van elk punt van het ene cluster is gemeten tot elk punt van het andere cluster
BC	bewegingscentrum
C	cervicale wervel (gevolgd door nummer 2 t/m 7)
coörd.	coördinaat
cos	cosinus
CR	(bij clusteranalyse) clusterratio, het quotiënt van A-TU gedeeld door de 1/2 som van beide A-BI-waarden
c.w.k.	cervicale wervelkolom
D	materiaal van personen met op de röntgenfoto een discusversmalling C5/6 (de DZ- en DM-serie samen)
d	discushoogte
DM	serie materiaal van personen met op de röntgenfoto een Discusversmalling C5/6 en Met klachten en bepaalde bevindingen bij fysisch onderzoek
DMM	de mannen van de DM-serie
DMV	de vrouwen van de DM-serie
DZ	serie materiaal van personen met op de röntgenfoto een Discusversmalling C5/6 en Zonder klachten
DZM	de (enige) man van de DZ-serie (DZ-6)
DZV	de vrouwen van de DZ-serie
EXT	extensie
FE	het bewegingstraject tussen anteflexie en extensie
FE-A	FE bij actief bewegen
FE-P	FE bij passief bewegen
FLEX	(ante)flexie
GCR	gecorrigeerde clusterratio
gem.	gemiddeld
GM	gemiddelde meetfout
H	hoogte van het wervellichaam, gemeten aan de dorsale zijde
L	voor-/achterwaartse lengte van het wervellichaam, gemeten langs de onderzijde
LT	(gemiddelde) leeftijd
M	mannen, mannelijk of serie materiaal van jongere mannelijke proefpersonen
mm.	millimeter
m.u.v.	met uitzondering van
N	(bij röntgenfoto's) opname in de neutrale stand
NE	het bewegingstraject tussen de neutrale stand en extensie
NE-A	NE bij actief bewegen
NE-P	NE bij passief bewegen
NF	het bewegingstraject tussen de neutrale stand en anteflexie
NF-A	NF bij actief bewegen
NF-P	NF bij passief bewegen

nl.	namelijk
OM	serie materiaal van oudere mannelijke proefpersonen
OMO	de 5 oudste mannen van de OM-serie
OV	serie materiaal van oudere vrouwelijke proefpersonen
OVO	de 5 oudste vrouwen van de OV-serie
P	(in samenvoegsels) passief
p	kans, mate van betrouwbaarheid
PASS	passief
plm.	plusminus
proc.	processus
resp.	respectievelijk
sd.	standaarddeviatie
sin	sinus
T	translatie
t	waarde bij de Studenttoets
t.o.v.	ten opzichte van
V	serie materiaal van jongere vrouwelijke proefpersonen
v/a	voor-/achterwaarts
var.	variantie
WL	wervellichaam
X	abcis in het coördinatenstelsel
X'	abcis in de standaardwervel
X''	als X', doch waarde welke bij herleiden ontstaat
Y	ordinaat in het coördinatenstelsel
Y'	ordinaat in de standaardwervel
Y''	als Y', doch waarde welke bij herleiden ontstaat

SYMBOLLEN

In afbeeldingen worden de 6 bewegingscentra steeds door dezelfde symbolen voorgesteld.

Het centrum van het totale FE-traject wordt voorgesteld door een cirkel. De centra van de deeltrajecten anteflexie en extensie worden voorgesteld door resp. een driehoek en een vierkant. De bewegingscentra bij actief bewegen zijn "open" (wit), die bij passief bewegen "gesloten" (zwart).

Daar waar zowel pendelingen bij actief als passief bewegen worden afgebeeld is de actieve pendeling een onderbroken lijn en de passieve een doorgetrokken lijn.

totale traject:	actief		passief	
anteflexie:	actief		passief	
extensie:	actief		passief	

actief bewegen  passief bewegen 

< kleiner dan	-< kleiner dan of gelijk aan
> groter dan	>- groter dan of gelijk aan

BEGRIPPEN

Clusteranalyse	Methode, welke gebruikt kan worden om vast te stellen of twee clusters bewegingscentra al of niet behoren tot een en hetzelfde cluster.
Bewegingstraject	<p>Afstand welke wordt afgelegd van de ene positie naar de andere. Er worden 6 trajecten onderscheiden; 3 bij actief en 3 bij passief bewegen:</p> <ol style="list-style-type: none">1. tussen de maximale extensiestand en de maximale anteflexie stand (FE)2. tussen de neutrale stand en maximale anteflexie (NF) (deeltraject anteflexie)3. tussen de neutrale stand en maximale extensie (NE) (deeltraject extensie)
Bewegingscentrum	Plaats waaromheen een lichaam zich zodanig beweegt, dat de afstand van een willekeurig punt van dat lichaam tot dat centrum onveranderd blijft. Het bewegingscentrum wordt per bewegingstraject bepaald, aldus worden 6 centra onderscheiden (het actieve en passieve FE-, NF- en NE-centrum).
Niveau	De (hoogte-)ligging van het bewegingscentrum in de standaardwervel langs de ordinaat (Y').
Pendelen	Het van plaats veranderen van het bewegingscentrum gedurende een bepaalde beweging.
Standaardwervel	Teneinde onderlinge vergelijking van segmenten mogelijk te maken: ingevoerde wervellichaamafmeting met v/a-lengte en -hoogte van 100%, voorstellend de onderste wervel van een segment.
Rotatoire Mobiliteit	Hieronder wordt in dit proefschrift de hoekverandering tussen wervels verstaan, die tijdens hun onderlinge beweging in het sagittale vlak optreedt.
Translatatoire Mobiliteit	Hieronder wordt in dit proefschrift de lineaire beweging van een wervel verstaan, die tijdens zijn beweging in het sagittale vlak ten opzichte van de caudaal gelegen wervel optreedt. Als referentiepunt van de bewegende wervel is een punt gekozen dat ligt in of vlak boven de sluitplaat op een lijn, getrokken door het bewegingscentrum parallel met de Y'-ordinaat van de standaardwervel. Het punt ligt boven de dekplaat van de caudale wervel op een afstand, even groot als de discushoogte (maximaal meetbare afstand tussen dekplaat van caudale wervel tot sluitplaat van craniale wervel, langs een lijn welke zo veel mogelijk parallel verloopt met de achterzijde van beide wervellichamen).

OPMERKINGEN

1. De afbeeldingen van de c.w.k. en de wervels in het sagittale vlak zijn zodanig weergegeven, dat dorsaal steeds links en ventraal steeds rechts is.
2. Met 22- en 41-jarigen wordt bedoeld die serie personen, van wie de gemiddelde leeftijd het aangegeven getal bedraagt.
3. In de tekst is het gebruik van het woord "flexie" zo veel mogelijk vermeden en is het woord "anteflexie" gebruikt. Met beide wordt overigens hetzelfde bedoeld, nl. hetzij het bewegingstraject, hetzij de stand.
4. Met flexie/extensie wordt het bewegingstraject tussen de anteflexiestand en de extensiestand bedoeld.
5. Het (niet Nederlandse) woord "draaihoek" is ingevoerd en gebruikt. Hiermee wordt de rotatoire mobiliteit van een segment bedoeld.
6. Het woord "centrum" wordt in de tekst regelmatig gebruikt als afkorting van "bewegingscentrum".
7. Het effect van radiologische vergroting (circa 15 - 18%) op gemeten afstanden is niet gecorrigeerd.
8. Met "verplaatsing van het bewegingscentrum" wordt in de tekst bedoeld het van plaats veranderen of op een andere plaats liggen van hetzelfde centrum of van een ander centrum in vergelijking met het ene. Of werkelijk verplaatsing plaats vindt, en zo ja hoe, wordt in het midden gelaten.

HOOFDSTUK I

INLEIDING EN VRAAGSTELLING

In de loop der tijd zijn talloze publicaties verschenen over beweeglijkheid en bewegingspatroon van de halswervelkolom [1,2,3, 7,8,9,10,11,12,16,18,20,21,22,25,30,33,35,36,38,40,44,45,46,47,48, 50,51,52,53,54,55,56,58,59,62,64,65,66,71,72,77,81,82].

Daarbij werd uitgegaan van het idee dat m.n. radiologisch verricht bewegingsonderzoek, vergeleken met het statische onderzoek, meer inzicht zou geven in oorzaak en achtergrond van ziekteverschijnselen en pijnsyndromen daar waar deze niet beruften op evidente pathologie zoals tumoren etc. [1,3,7,8,9,10,11,16,18,21, 22,30,33,46,47,50,53,58,64,65,66,67,70,71,73,81,82].

Hoewel enkelen menen vaste relaties aan te kunnen geven tussen klachten en afwijkingen, voorkomende op statische röntgenopnamen, [46,79], kan doorgaans deze relatie niet aangetoond worden of wordt deze in twijfel getrokken [1,18,21,28,39].

Het bewegingsonderzoek heeft zich aanvankelijk geconcentreerd op de mate van beweeglijkheid. Sommige auteurs maken melding van afname van de beweeglijkheid bij optreden van degeneratieve afwijkingen, andere van toename ervan terwijl ook publicaties de mogelijkheid van zowel afname als toename aangeven [1,2,10,17,20, 21,27,35,38,43,47,48,50,52,57,58,64,71,73,75,81].

Ook het bewegingspatroon kreeg bij diverse auteurs aandacht. Naast de rotatoire werd ook de translatoire bewegingscomponent bij het onderzoek betrokken [10,35,38,40,47,51,52,53,64]. Verandering van het bewegingspatroon werd gemeld bij pathologische (meestal degeneratief veranderde) segmenten [10,42,47,58,59,81], alsook bij segmenten liggend boven of onder dit pathologisch segment [1,10, 20,21,24,33,38,44,50,57,73,78,81,82].

Een relatie tussen abnormaal bewegende segmenten op functieopnamen en het al of niet bestaan van klachten kon echter niet worden aangetoond [3,32].

Publicaties over de analyse van het bewegingspatroon met het erbij betrekken van het bewegingscentrum zijn minder talrijk en doorgaans van later datum, hoewel reeds "klassieke anatomen" (tegenstrijdige) meldingen maken over de ligging van het segmentale bewegingscentrum [9,31,35,37,76,78,80].

Het eerste systematische röntgenonderzoek naar het bewegingspatroon van de onderste vijf halswervels werd verricht door Penning (1960) [64]. Het bleek dat de centra voor flexie/extensie zich niet in de disci maar in de caudale wervellichamen bevonden, waarbij dit centrum bij meer craniaal gelegen segmenten meer caudaalwaarts gelegen is.

Experimenteel postmortaal onderzoek door Lysell (1969) heeft dit kunnen bevestigen [52]. Recent onderzoek door van Mameren [53] en door Amevo et al. [4,5,6] levert vergelijkbare conclusies op.

Lysell [52] meent te moeten concluderen dat zowel bij discusdegeneratie als bij ouder worden een craniaalwaartse verplaatsing van het bewegingscentrum optreedt. Een abnormale ligging van het segmentale bewegingscentrum bij degeneratieve discusveranderingen in de lumbale wervelkolom is tevens beschreven [42,43,63].

Over de klinische betekenis van de ligging van de cervicale segmentale bewegingscentra bestaat nog veel onduidelijkheid [16, 30,45,56,59].

Weinig aandacht is besteed aan mogelijk verschil van ligging van de cervicale bewegingscentra bij actief en passief bewegen [67]. Het is tevens de vraag of postmortaal bewegingsonderzoek vergelijkbaar is met passief bewegen [9,52].

Gesteld dient te worden dat de beschreven bewegingscentra, welke bepaald zijn met behulp van anteflexie- en extensieopnamen, theoretische constructies zijn die de eindposities van een beweging met elkaar verbinden. Zij zeggen niets over de beweging in tussenliggende posities. Inzicht in de werkelijke ligging van het bewegingscentrum gedurende de gehele beweging kan verkregen worden door behalve de eindposities ook tussenposities in het onderzoek te betrekken. De met behulp van twee posities bepaalde ligging van het bewegingscentrum wordt wel "instantaneous center of rotation" genoemd [41,68].

Bij onderzoek met gebruikmaking van meerdere tussenposities [30, 53] wordt waargenomen dat het bewegingscentrum niet steeds dezelfde ligging heeft tijdens het gehele flexie/extensie traject. Dimnet [30], die een onderzoek verrichtte met behulp van de beide eindposities en drie tussenposities, beschrijft alleen het gebied waarbinnen de bewegingscentra liggen. Het onderzoek van van Mameren [53] betreft alleen (40) tussenposities, waarmee hij de gemiddelde ligging van de bewegingscentra berekent. Hij stelt, niet in staat te zijn om een "polode" samen te stellen, als afspiegeling van het gedrag van het bewegingscentrum tijdens de beweging. Wel vindt hij verschillen tussen metingen van het centrum tijdens anteflexie en retroflexie, doch deze liggen binnen de meetfout.

Ook aan de lumbale wervelkolom is onderzoek verricht naar het gedrag van het bewegingscentrum [26,41,60,70]. Gertzbein [41] meent dat het bewegingscentrum zich tijdens de beweging verplaatst en spreekt daarbij van "centrode patterns". Seligman [74] meldt, dat er tijdens bewegen van een lumbaal segment met degeneratieve discusverandering sprake is van toename van de verplaatsing van het bewegingscentrum.

Dit proefschrift wil een nader onderzoek instellen naar de ligging van de segmentale bewegingscentra in de lagere halswervelkolom, en daarbij trachten de volgende vragen te beantwoorden:

1. Hoe is de ligging van de segmentale bewegingscentra voor flexie/extensie bij passief bewegen?
2. Hebben de bewegingscentra een vaste ligging of veranderen zij van plaats tijdens de beweging?
3. Is de leeftijd van invloed op de ligging van de bewegingscentra?
4. Treden veranderingen op bij discusversmalling en zo ja, zijn deze dan klinisch relevant?

HOOFDSTUK II

M E E T M E T H O D E

De gevolgde meetprocedure is gebaseerd op die, welke gepubliceerd is door Pennal [63]. Het principe is afkomstig van Sutherland [naar 63], die overigens zelf de methode niet publiceerde.

Gebruik wordt gemaakt van overtrektekeningen op doorzichtige films. Deze films (formaat 24x30 cm.) worden verkregen door onbelichte röntgenfilms te ontwikkelen. De stevigheid van dit materiaal is voldoende bij het gebruik. De tekeningen worden gemaakt met "permanent" overtrekpenen met extra fijne punt (meerdere kleuren). Veranderingen kunnen worden aangebracht door de tekeninkt met een doekje, gedrenkt in aceton, te wissen.

De procedure valt uiteen in drie onderdelen.

1. Vervaardigen van overtrektekeningen

De röntgenfoto (b.v. de extensieopname) waarvan men een overtrektekening wenst te maken, wordt op de lichtkast gelegd waarna deze wordt bedekt met de transparante film. Beide films worden met tape stevig op de ondergrond vastgeplakt. De contouren van wervellichamen en processus spinosi van C2 t/m C7 worden met pen zo nauwkeurig mogelijk op de transparante film overgebracht (eventueel ook dubbelcontouren, spondylotische haken, etc.). Aldus ontstaat de overtrektekening van de extensieopname, de zogenaamde extensiekopie.

Nadat van alle originele röntgenfoto's van een persoon een kopie is vervaardigd worden alle kopieën op contourverschillen met elkaar vergeleken. Bestaat bij een of twee van de vijf kopieën een verschil, dan wordt dat gecorrigeerd overeenkomstig de contouren van de overige kopieën. Zijn bij drie of meer kopieën de contouren ergens afwijkend van elkaar, dan worden alle kopieën overgemaakt.

2. Bepaling van het bewegingscentrum en de bewegingsexcursie

Als voorbeeld is gekozen voor het gehele FE-bewegingstraject van het segment C5/6.

De anteflexiekopie wordt met tape midden op de lichtkast bevestigd. De omtrek ervan wordt op de onderlaag (de glasplaat van de lichtkast) overgebracht door met een pen vier lijnen te trekken langs de vier randen van de kopie. Op deze wijze ontstaat een kader op de lichtkast. De pen wordt daarbij steeds loodrecht gehouden teneinde de afstand tussen de kaderlijn en de kopie-omtrek zo klein en regelmatig mogelijk te houden (Fig.1-A).

Vervolgens wordt de extensiekopie zodanig op de anteflexiekopie gelegd, dat de contouren van C6 elkaar precies bedekken, waarna deze extensiekopie op drie hoeken met tape op de onderlaag wordt bevestigd (Fig.1-B).

De anteflexiekopie wordt nu (voorzichtig) verwijderd (Fig.1-C) en zodanig op de extensiekopie gelegd dat de contouren van C5 elkaar precies bedekken (Fig.1-D). Nadat de anteflexiekopie met tape op de onderlaag is bevestigd wordt de extensiekopie verwijderd (Fig.1-E).

De anteflexiekopie heeft nu een verdraaide ligging ten opzichte van het kader, welke immers haar oorspronkelijke ligging aangaf. De draaiingshoek is gelijk aan de bewegingsexcursie C5/6. Deze

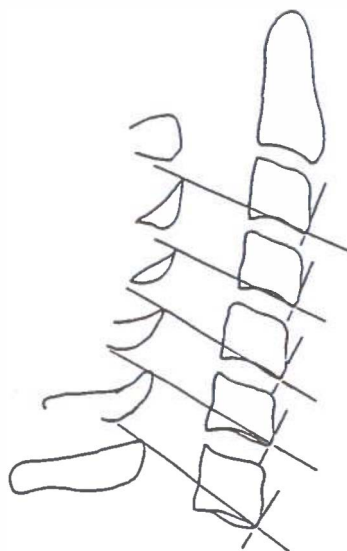
excursie kan met een gradenboog worden gemeten bij een van de vier snijpunten van kopierand en kader.

Het bewegingscentrum voor flexie/extensie C5/6 wordt bepaald door het snijpunt van twee lijnen, welke met een lineaal worden getrokken op de anteflexiekopie (Fig.1-F). De ene lijn wordt gevormd door verbinding van de snijpunten van boven- en onderrand van kopie met het kader, de andere lijn door verbinding van beide zijdelingse snijpunten. Daarbij wordt steeds de binnenzijde van de kaderlijn aangehouden.

3. Bepaling van de coördinaten van het bewegingscentrum

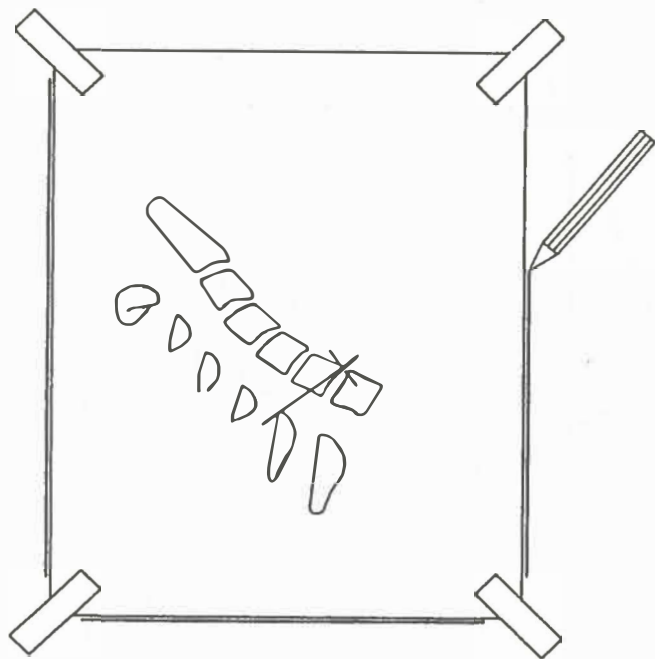
Bij elke segment wordt een coördinatenstelsel getrokken door de caudaal gelegen wervel (dus voor C5/6 door C6). Eerst wordt de X-as van elk coördinatenstelsel getrokken, welke gevormd wordt door de lijn door de ventrocaudale begrenzing van het wervellichaam en de bovenste punt van de achterste boog (Fig.2). Aangezien deze ventrocaudale begrenzing onregelmatig van vorm kan zijn, wordt steeds gezocht naar het meest ventraal en het meest caudaal gelegen punt. Indien beide punten niet samenvallen worden zij gemiddeld. Met een geodriehoek wordt vervolgens de Y-as getrokken loodrecht op de X-as ter hoogte van de ventrocaudale wervellichaambegrenzing. De X- en Y-coördinaten van het bewegingscentrum worden met behulp van de geodriehoek gemeten. Aflezen geschiedt op afgeronde halve millimeters (b.v.: 3.3 - 3.7 mm. geldt als 3.5 mm. en 3.8 - 4.2 mm. als 4.0 mm.).

Coördinatenstelsels worden aangebracht op de kopie van de neutrale stand en op de beide anteflexiekopieën. Door de wervelcontouren van deze drie kopieën op elkaar te leggen kunnen de coördinatenstelsels met elkaar worden vergeleken en zonodig gecorrigeerd.

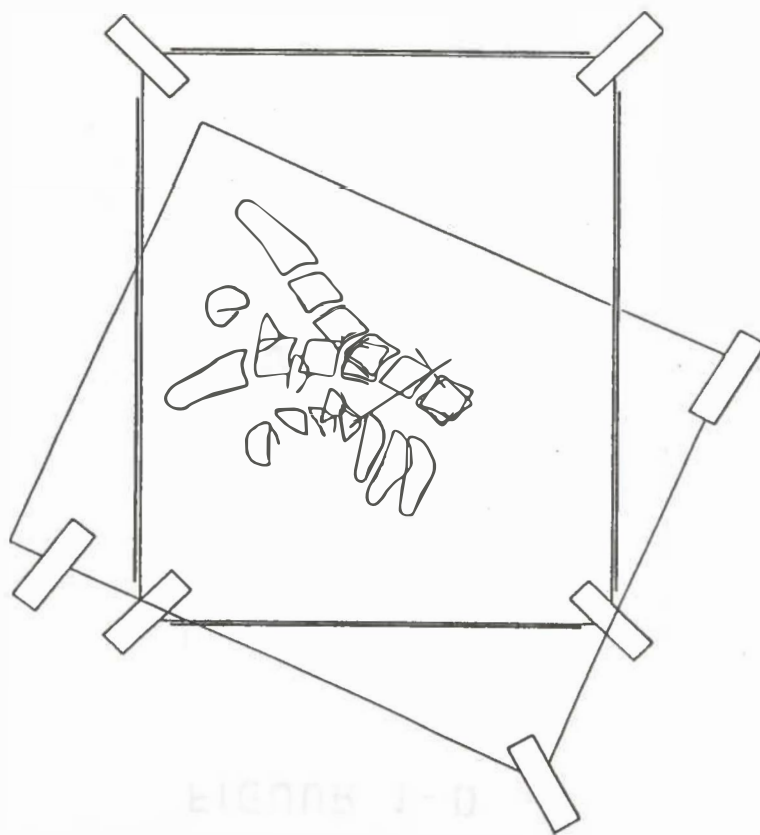


FIGUUR 2 COORDINATENSTELSELS

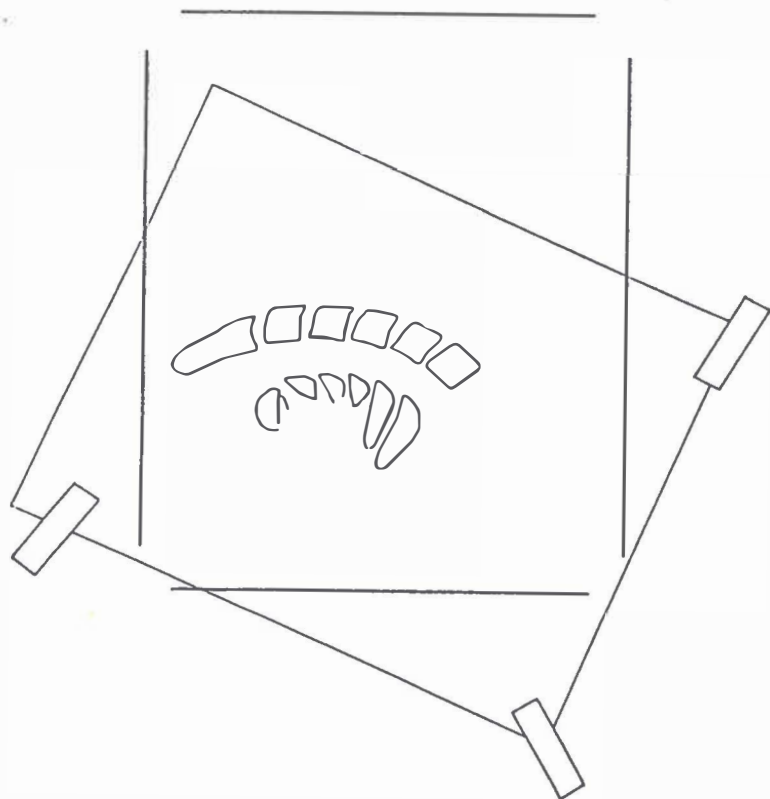
FIGUUR 1-A



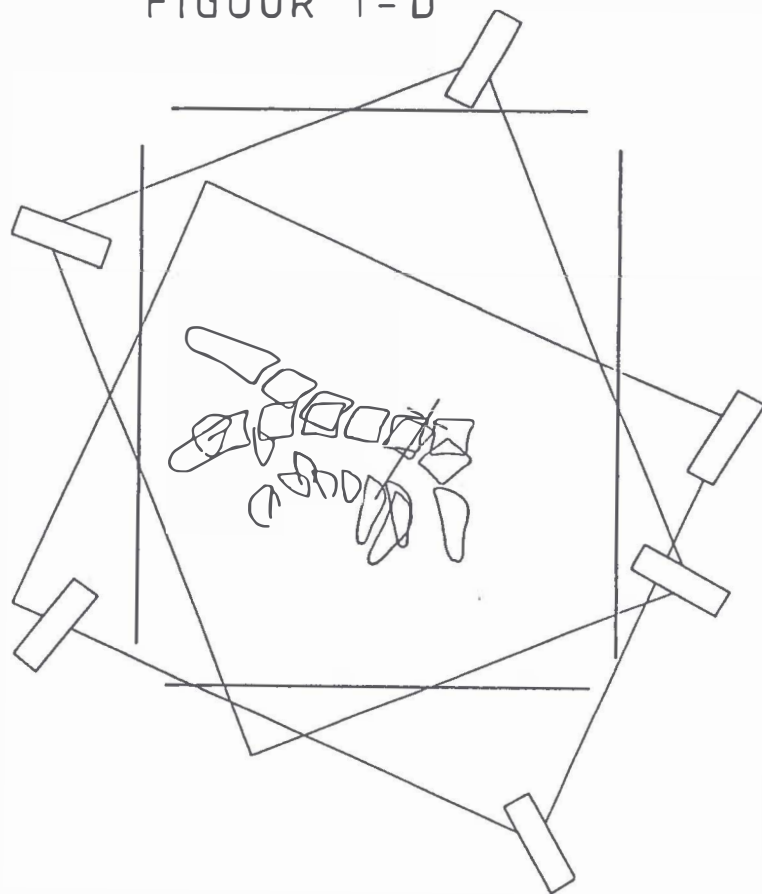
FIGUUR 1-B



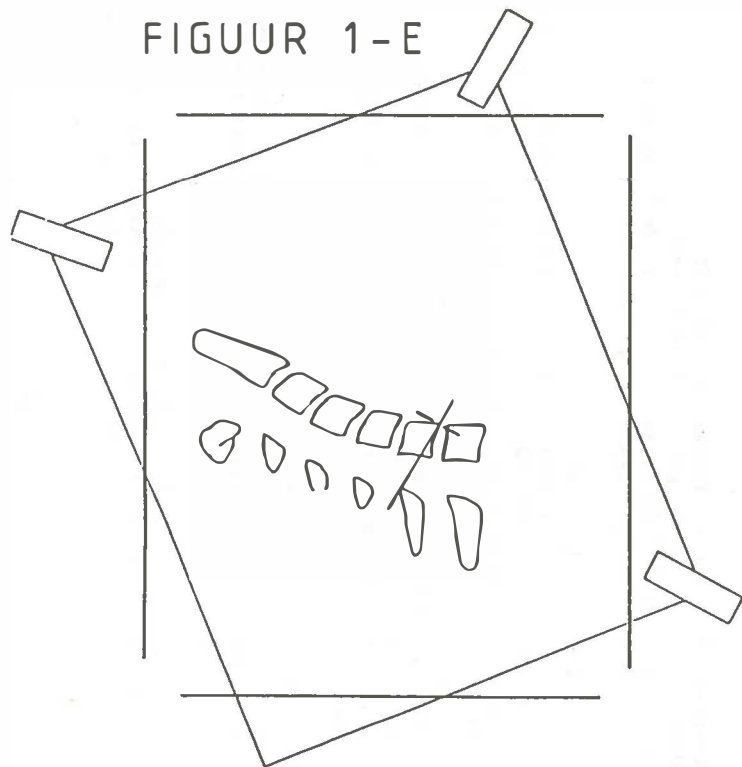
FIGUUR 1-C



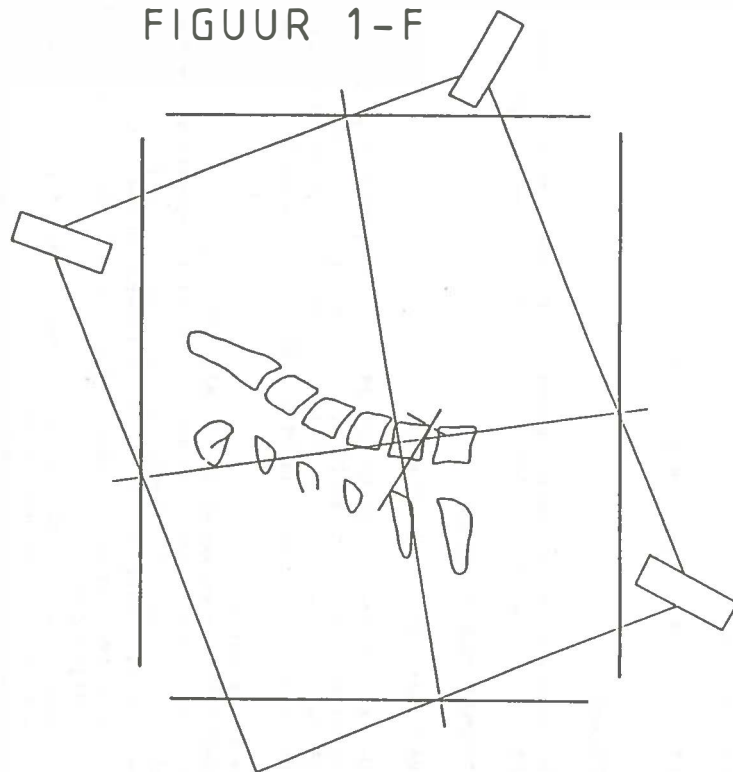
FIGUUR 1-D



FIGUUR 1-E



FIGUUR 1-F



HOOFDSTUK III

M A T E R I A A L E N M E T H O D E

MATERIAAL

Alle onderzochte personen gaven "informed consent" voor het onderzoek. Zij kunnen worden onderverdeeld in twee groepen:

1. NORMALE PROEFPERSONEN

De groep bestaat uit 4 series:

1. M-serie: 9 mannen van 18 tot 28 jaar (gemiddeld 21.9 jaar)
2. V-serie: 8 vrouwen van 18 tot 28 jaar (gemiddeld 22.5 jaar)
3. OM-serie: 10 mannen van 29 tot 55 jaar (gemiddeld 40.9 jaar)
4. OV-serie: 10 vrouwen van 29 tot 55 jaar (gemiddeld 40.6 jaar)

Selectiecriteria:

- * geen neklachten gedurende de afgelopen twee jaar
- * bij cervicaal fysisch actief en passief bewegingsonderzoek in alle richtingen geen bewegingsbeperkingen of pijn
- * een normaal röntgenbeeld van de halswervelkolom, dwz.
 - geen tekenen van congenitale, traumatische of degeneratieve afwijkingen
 - geen sterke torsiestanden, asymmetrieën of scheefstanden
 - alle disci tenminste 6 mm. hoog
 - C7 dient volledig zichtbaar te zijn afgebeeld

2. PERSONEN MET EEN DISCUSVERSMALLING C5/6

De groep bestaat uit 2 series (leeftijd van 19 tot 58 jaar):

1. DZ-serie: 8 personen (gemiddeld 49.6 jaar)
2. DM-serie: 13 personen (gemiddeld 40.8 jaar)

Het aantal vrouwen bij de DZ-serie is 7, bij de DM-serie 10 (zie tabel B - 5 voor het geslacht per persoon).

Radiologische selectiecriteria:

- de discus C5/6 is versmald met een maximaal meetbare hoogte van 5 mm. of minder [48] (6 mm. wordt als versmald beschouwd indien de overige disci tenminste 8 mm. hoog zijn)
- alle overige disci zijn normaal van hoogte
- normale configuratie
- geen tekenen van congenitale of traumatische aandoeningen
- geen tekenen van spondylarthrose
- alleen bij C5/6 zijn tekenen van spondylose en uncarthrose toegestaan

Klinische selectiecriteria van de DZ-serie zijn:

- geen recente neklachten (tenminste 2 jaar geen klachten)
- bij fysisch actief en passief bewegingsonderzoek treedt in geen enkele richting pijn op

Klinische selectiecriteria van de DM-serie zijn:

- neklachten welke tenminste drie maanden aanwezig zijn. Uitstraling kan eenzijdig of beiderzijds aanwezig zijn naar

schouderbladgebied, schouder, bovenarm en hoofd. De klachten zijn (vrijwel) continu aanwezig en zijn bewegings- en belastingsafhankelijk (nemen toe bij anteflexie en extensie van de halswervelkolom en bij belasting van de armen). Nachtelijke pijn is aanwezig (geweest). Het dragen van een zachte halskraag geeft verlichting.

- bij fysisch actief en passief bewegingsonderzoek wordt in meerdere richtingen pijn aangegeven en bewegingsbeperking gevonden. In ieder geval is de actieve extensie pijnlijk en beperkt, en veroorzaakt passieve extensie pijntoename. De passieve extensie kan eveneens beperkt zijn waarbij eventueel "spierspasme" optreedt, doch er kan ook een normale bewegingsuitslag bestaan [27,72].

METHODE

PROTOCOL VERVAARDIGING RÖNTGENOPNAMEN

Van de personen van de M-, DZ- en DM-series worden 6 röntgenopnamen vervaardigd: een A/P- en vijf laterale opnamen. De vijf laterale opnamen zijn:

- * neutrale stand
- * actieve en passieve anteflexie
- * actieve en passieve extensie

Van de personen van de V-, OM- en OV-series worden geen passieve opnamen vervaardigd.

De buisbelasting bedraagt gemiddeld 65 kV en 30 mAs.

Focus-film-afstand 1.35 m., object-film-afstand gemiddeld 20 - 25 cm (schouder tegen de cassette).

Alle opnamen worden in staande houding vervaardigd, schouders ontspannen en armen slap afhangend. A/P-opname op 20x40 cm. filmformaat. De laterale opnamen op 24x30 cm. formaat met linker schouder tegen het statief.

Eerst wordt de A/P-opname vervaardigd, daarna in volgorde de neutrale stand, actieve anteflexie en actieve extensie. De foto's worden ontwikkeld, beoordeeld en eventueel overgemaakt. Vervolgens worden de beide passieve opnamen vervaardigd; eerst de anteflexie, daarna de extensie. De passieve opnamen zijn steeds door mijzelf vervaardigd, en pas nadat betrokkene is onderzocht op mogelijk op te treden complicaties [71,72].

Bij alle laterale opnamen wordt getracht het hoofd een stand te laten innemen volgens het sagittale vlak, parallel met de film. Bij de neutrale stand dient het hoofd horizontaal gehouden te worden waarbij gevraagd wordt de blik te richten naar een denkbeeldig punt aan de horizon. Bij de actieve anteflexie dient het hoofd ontspannen voorover te hangen zonder intrekken van de kin. De extensieopnamen worden vervaardigd met geopende mond. De passieve opnamen worden vervaardigd door druk op het hoofd met tegendruk tegen de thorax. De richting van de druk komt overeen met de raaklijn door de vertex langs de denkbeeldige cirkel welke het hoofd bij de totale flexie/extensie zou beschrijven. De grootte van de uitgeoefende kracht wordt op het gevoel bepaald. Deze is zodanig dat gevoeld wordt dat verder bewegen niet meer mogelijk is. Dit kan bij patiënten bepaald worden door optredende pijn of "spierverzet".

BEWEGINGSCENTRA

Met behulp van de vijf laterale opnamen zijn per segment zes bewegingscentra bepaald; drie bij actief (A) bewegen en drie bij passief (P) bewegen. Met de anteflexie- (F) en extensieopname (E) is het centrum van de totale flexie/extensie bepaald.

Door gebruik van de N-opname worden de bewegingscentra van de deeltrajecten anteflexie en extensie bepaald samen met resp. de anteflexie- en de extensieopname.

De zes bewegingscentra zijn:

- * FE-A van het totale traject bij actief bewegen
- * FE-P van het totale traject bij passief bewegen
- * NF-A bij actieve anteflexie
- * NF-P bij passieve anteflexie
- * NE-A bij actieve extensie
- * NE-P bij passieve extensie

VERGELIJKING VAN DE LIGGING VAN DE BEWEGINGSCENTRA

Onderlinge vergelijking van de liggingen van de verschillende bewegingscentra is mogelijk met behulp van het beschreven coördinatenstelsel. Binnen een segment kunnen de volgende bewegingscentra worden vergeleken:

- * de drie centra bij actief bewegen onderling
(FE-A met NF-A, FE-A met NE-A, NF-A met NE-A)
- * evenzo de drie centra bij passief bewegen onderling
(FE-P met NF-P, FE-P met NE-P, NF-P met NE-P)
- * de centra bij actief bewegen met die bij passief bewegen
(FE-A met FE-P, NF-A met NF-P, NE-A met NE-P)

STATISTISCHE BEWERKING

Ter vaststelling van onderling verschil van ligging van twee bewegingscentra kunnen meerdere parameters dienen:

1. de afstand (A) tussen beide centra
2. de standaarddeviatie (sd.)
3. de gemiddelde meetfout (GM)
4. de ratio bepaald met behulp van clusteranalyse (CR)

Meetfoutanalyse zal moeten uitmaken welke parameter bruikbaar is.

Standaarddeviatie, gemiddelde meetfout en ratio zijn alleen te gebruiken indien de ligging van het bewegingscentrum bepaald wordt uit het gemiddelde van meerdere bepalingen.

Voor het gebruik van de standaarddeviatie is een groot aantal bepalingen noodzakelijk.

De gemiddelde meetfout is het gemiddelde van alle afstanden van elk bepaald centrum tot de gemiddelde ligging van het centrum.

Clusteranalyse is een mogelijkheid tot het vaststellen van een significant verschil in ligging van twee clusters bewegingscentra. Daarbij wordt de clusterratio (CR) bepaald. Deze is het quotiënt van de gemiddelde afstand tussen de clusters (A-TU) gedeeld door de helft van de som van de gemiddelde afstanden binnen (A-BI) de clusters. De A-TU wordt

bepaald uit alle afstanden van elk centrum van het ene cluster tot elk centrum van het andere cluster. De A-BI van een cluster wordt bepaald uit alle afstanden van enig centrum binnen een cluster tot ieder ander centrum binnen dat cluster. CR-waarden boven 1.5 geven doorgaans aan dat sprake is van een significant verschil van ligging.

Indien de standaarddeviatie wordt gebruikt voor aantonen van significante verschillen wordt tevens de variantie bepaald en de Studenttoets gehanteerd.

Met behulp van de tabel van Pearson & Hartley en Hald [49] wordt de p-waarde vastgesteld. Waarden van $p < 0.05$ worden als significant beschouwd. Waarden van $p = 0.06, 0.07$ en 0.08 geven een tendens aan. Niet symmetrische verdelingen worden door Chi-kwadraat verdelingen benaderd.

PENDELEN

Als het bewegingscentrum gedurende twee fasen van eenzelfde beweging (NF en NE) een significant andere plaats inneemt, wordt de term "pendelen" gebruikt om deze verplaatsing van het bewegingscentrum aan te geven. De ligging van de NF- en NE-centra kan daarbij met het FE-centrum worden vergeleken.

STANDAARDWERVEL

Onderlinge vergelijking van de ligging van de bewegingscentra op basis van de X- en Y-coördinaat, zowel van verschillende segmenten als personen, is vanwege de sterke variatie in vorm van de wervels niet toelaatbaar [29]. Een mogelijkheid tot onderlinge vergelijking ontstaat door invoering van de "standaardwervel".

De standaardwervel bestaat uit een vierkant, welke het wervellichaam symboliseert van de onderste wervel van het betreffende segment. Elke zijde heeft een lengte van 100%. De horizontale zijde wordt X' genoemd, de verticale Y'. Het 0%-punt op de X'-zijde ligt dorsaal, op de Y'-zijde caudaal. Het punt (0%,0%) valt derhalve samen met de dorso-caudale begrenzing van het wervellichaam.

Elke afwijking van de vorm van het oorspronkelijke wervellichaam met een rechthoek wordt daarbij verwaarloosd.

De X- en Y-coördinaat van het bewegingscentrum in het coördinatenstelsel worden omgerekend naar X'- en Y'-coördinaat in de standaardwervel.

Bij de omrekening van de X- en Y-coördinaat van het bewegingscentrum in het coördinatenstelsel naar de X'- en Y'-coördinaat ervan in de standaardwervel wordt het coördinatenstelsel gedraaid over een hoek (ϕ), ter grootte van de hoek welke de X-as maakt met de sluitplaat. Vervolgens wordt het stelsel naar dorsaal verplaatst over een afstand, overeenkomend met de lengte van de sluitplaat (L).

Tenslotte worden abcis en ordinaat omgerekend tot

percentages van voor-/achterwaartse lengte (L) en hoogte (H) van het wervellichaam.

De volgende formules worden daarbij gebruikt:

$$X' = \frac{L - R \cdot \cos(\alpha + \phi)}{L} \times 100\% \quad Y' = \frac{R \cdot \sin(\alpha + \phi)}{H} \times 100\%$$

waarbij:

H = hoogte van het wervellichaam, gemeten aan de dorsale zijde

L = voor-/achterwaartse lengte van het wervellichaam, gemeten langs de sluitplaat

R = de wortel uit $X'^2 + Y'^2$ (de afstand van het bewegingscentrum tot de oorsprong van het coördinatenstelsel)

phi = hoek tussen X-as en sluitplaat

alpha = hoek tussen R en de X-as waarbij de tangens $\alpha = \frac{Y}{X}$

TRANSLATIE

De tijdens een beweging optredende translatie hangt af van de afstand van de bewegende wervel tot het bewegingscentrum en de mate van de rotatoire mobiliteit.

Voor berekening van de mate van translatie (T) wordt uitgegaan van de translatie van een punt (in de buurt) van de sluitplaat van de bovenste wervel.

Zie voor toelichting van de berekening de figuren 3 en 4.

Het punt (P), waarvan de translatie berekend wordt, ligt op een lijn welke door het bewegingscentrum wordt getrokken, parallel aan de Y'-zijde van de standaardwervel. P ligt op een afstand ter grootte van de discusshoogte boven de standaardwervel. De afstand van P tot het bewegingscentrum is r. r Bestaat uit d plus de afstand van centrum tot de sluitplaat (is een gedeelte van h).

De translatiegrootte kan bij benadering worden berekend met de volgende formule:

$$T = \left\{ d + h \left(\frac{100 - Y'}{100} \right) \right\} \times 2 \sin \frac{\beta}{2}$$

waarin:

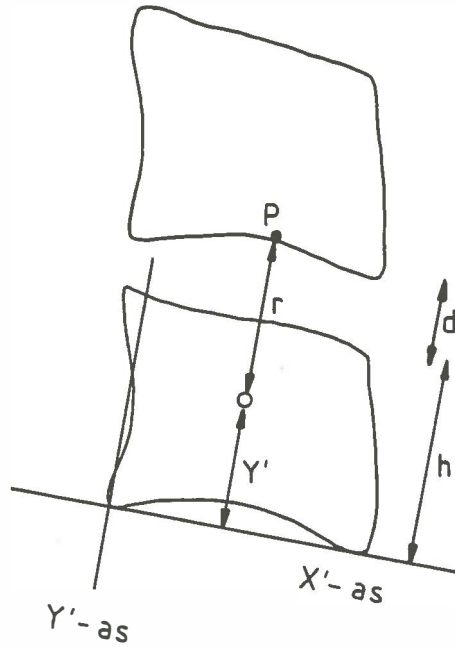
d = discusshoogte

h = hoogte onderste wervellichaam

Y' = Y-coördinaat van het bewegingscentrum in de standaardwervel

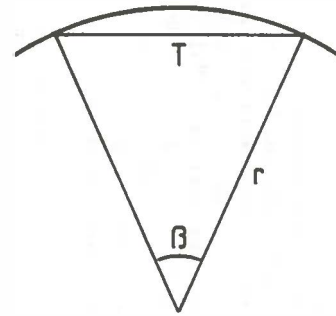
beta = segmentale draaihoek

FIGUUR 3 TRANSLATIEBEREKENING



$$r = d + h \left(\frac{100 - Y'}{100} \right)$$

FIGUUR 4 TRANSLATIEBEREKENING



$$T = 2 \times r \cdot \sin \frac{\beta}{2}$$

ONDERLINGE VERGELIJKBAARHEID VAN HET MATERIAAL

Bij onderlinge vergelijking van groepen en series personen dient rekening gehouden te worden met mogelijke verschillen welke op basis van leeftijdsverschil en geslacht kunnen optreden.

Vergelijking van de series mannen en vrouwen van de groep normale proefpersonen op basis van de leeftijd is goed mogelijk. De personen van de M- en V-serie worden wel aangeduid als "22-jarigen", die van de OM- en OV-serie als "41-jarigen". De 20 personen van de "41-jarigen" kunnen opgesplitst worden in ouderen en jongeren (O en J). Hun gemiddelde leeftijd bedraagt:

OMJ: 35.4 jr. OMO: 46.4 jr.

OVJ: 35.2 jr. OVO: 46.0 jr.

Vergelijking van de normale proefpersonen met de personen met een discusversmallings C5/6 op basis van gelijke leeftijd is bij enige subseries mogelijk:

- * de vrouwen van de DZ-serie (DZV-subserie, gem. 48.1 jaar) zijn vergelijkbaar met de OVO-subserie (gem. 46.0 jaar)
- * de vrouwen van de DM-serie (DMV-subserie, gem. 41.4 jaar) zijn vergelijkbaar met de OV-serie (gem. 40.6 jaar)
- * de drie mannen van de DM-serie (DMM-subserie, gem. 39.0 jaar) zijn te vergelijken met de OM-serie (gem. 40.9 jaar), hoewel de groep zeer klein is.

HOOFDSTUK IV

M E E T F O U T A N A L Y S E

IV.1 INLEIDING

De meetmethode wordt getoetst op bruikbaarheid, nauwkeurigheid en betrouwbaarheid. Daarbij worden de volgende vragen beantwoord:

- * bestaat er een meetfout en zoja, hoe groot is deze?
- * kan volstaan worden met slechts éénmaal uitvoeren van de meetprocedure?
- * welke statistische parameters zijn bruikbaar en op welke wijze?

Essentieel hierbij is het antwoord te geven op de vraag: wanneer kunnen twee bewegingscentra van deeltrajecten van één segment geacht worden een verschil in ligging te hebben?

IV.2 ORIENTEREND ONDERZOEK

Een oriënterend onderzoek wordt verricht. Daarbij wordt bij 150 willekeurig gekozen segmenten het bewegingscentrum driemaal bepaald met behulp van één stel kopieën. De draaihoek van de segmenten varieert van 1 tot 24° . Er wordt geen coördinatenstelsel aangebracht. De grootst mogelijke afstand tussen twee van de drie bewegingscentra wordt gemeten.

Gevonden wordt, dat bij herhaling van de meting niet steeds dezelfde ligging van het bewegingscentrum wordt gevonden. Naarmate de segmentale draaihoek kleiner is, neemt de onnauwkeurigheid van de meetprocedure toe [61]. Eenmalige bepaling van het bewegingscentrum zou voldoende kunnen zijn als per draaihoek een vaste meetfout zou gelden.

Bovendien blijkt uit verkregen ervaring, dat het belangrijk is de overtrektekening te maken met een pen met een dunne punt. Tevens blijkt dat, indien alleen de werwellichaamcontour wordt gebruikt bij het op elkaar leggen van de overtrektekeningen, grote onnauwkeurigheden kunnen optreden. Het gebruik van de contour van boog en proc. spinosus is noodzakelijk. In sommige gevallen echter is het niet goed mogelijk om werwellichaam en proc. spinosus goed passend op elkaar te leggen. Er zijn dan vaak dubbelcontouren aanwezig.

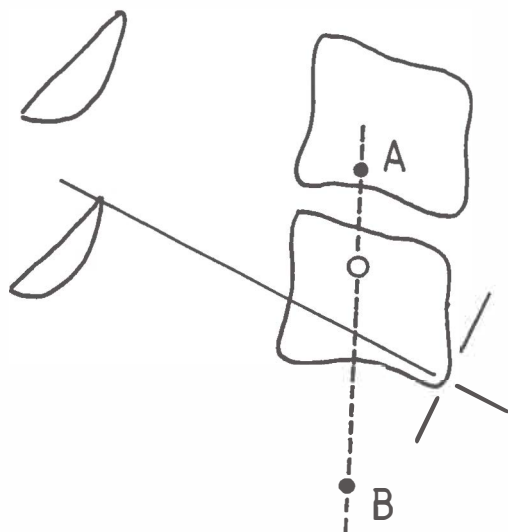
IV.3 FOUTENSIMULATIE

Inzicht in het effect van verschuiving en verdraaiing van één der kopieën bij het op elkaar leggen van kopieën wordt verkregen door bij enige segmenten met grotere en kleinere draaihoek eerst de normale ligging van het bewegingscentrum te bepalen en vervolgens een fout in de meetprocedure in te voeren.

Het blijkt, dat verschuiving en verdraaiing kan leiden tot het invoeren van aanzienlijke fouten. Een verschuiving veroorzaakt een verplaatsing van het bewegingscentrum in een richting, loodrecht op de verschuiving. Een verdraaiing levert een verplaatsing op

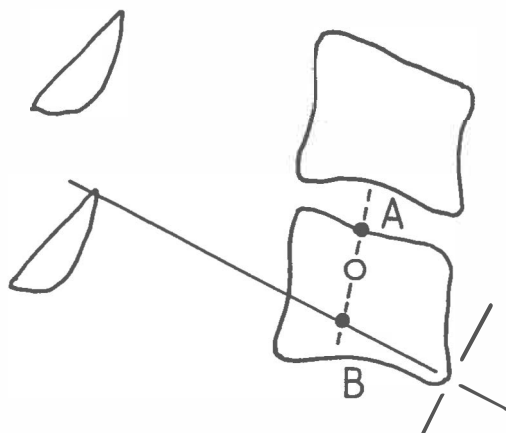
FIGUUR 5

EFFECT VAN VERSCHUIVING



FIGUUR 6

EFFECT VAN VERDRAAIING



langs een lijn, welke loopt door het oorspronkelijke bewegingscentrum en het verdraaiingscentrum. De grootte van de verplaatsing is omgekeerd evenredig met de segmentale draaihoekgrootte. Bovendien speelt de draairichting van de meetprocedure een rol. Wordt een assenstelsel op de neutrale opname geplaatst, dan is de verplaatsing van het bewegingscentrum bij meting van de extensie tegengesteld gericht aan die bij meting van de anteflexie.

De figuren 5 en 6 geven een beeld van het effect van verschuiving en verdraaiing. Het oorspronkelijke bewegingscentrum wordt voorgesteld door een open cirkel, het gesimuleerde centrum door een gesloten cirkel.

Bij figuur 5 is tijdens de meetprocedure de bovenste wervel opzettelijk 3 mm. ventraalwaarts verschoven. Het gesimuleerde centrum A is verkregen bij meting van de extensie met 15° segmentale draaihoek; centrum B bij meting van de anteflexie over 5° .

Bij figuur 6 is tijdens de meetprocedure de bovenste wervel 5° verdraaid om een denkbeeldig punt in het midden van het wervellichaam. De meetprocedure betrof de extensie over 15° .

Het gesimuleerde centrum A ontstaat bij een verdraaiing van de bovenste wervel zoals deze ook draait bij anteflexie; centrum B ontstaat bij verdraaiing overeenkomstig de extensie.

IV.4 AFWIJKENDE WERVELCONTOUREN

De contouren van een wervel kunnen zich wijzigen indien de positie van de wervel ten opzichte van het sagittale vlak is gewijzigd [19]. De wervel kan gekanteld zijn om de sagittale as, of getordeerd zijn om de longitudinale as.

De effecten van kanteling en tordering worden onderzocht met behulp van gesimuleerde röntgenopnamen. Een normale neutrale stand- en een anteflexieopname worden vervaardigd. De neutrale standopname wordt vervolgens met 15° lateroflexie en met 15° rotatie vervaardigd.

De drie opnamen van de neutrale stand zijn afgebeeld in figuur 7.

De segmenten C3/4, C4/5 en C5/6 worden onderzocht (draaihoek resp. 8° , 11° en 13°). De ligging van de bewegingscentra wordt bepaald uit het gemiddelde van 5 bepalingen.

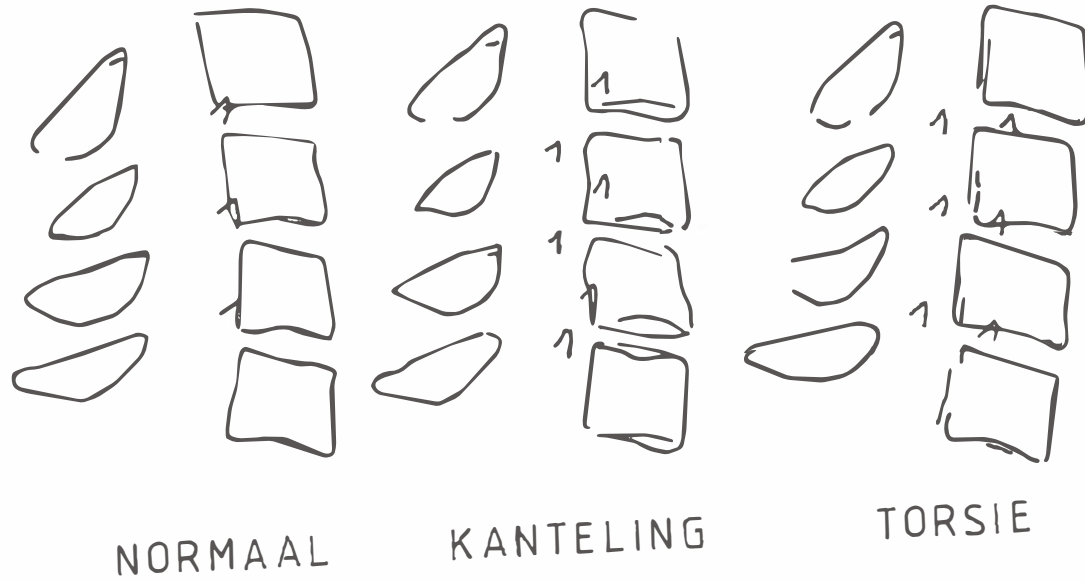
Tabel 1 vermeldt de coördinaten van de ligging van de bewegingscentra met standaarddeviatie en gemiddelde meetfout. Tevens is de afstand van de centra welke verkregen zijn bij bepaling van de afwijkende opnamen tot het normale centrum vermeld.

Bij kanteling ontstaan dubbelcontouren van dek- en sluitplaat. Ook treedt een geringe torsie op, te zien aan de wijze waarop de proc. articulares worden afgebeeld.

Indien men probeert de gekantelde opname te verwerken bij de meetprocedure, blijken bij het op elkaar leggen van de wervellichamen de proc. spinosi niet goed meer op elkaar te passen: op de gelateroflecteerde opname ligt de proc. spinosus hoger.

Een goede wijze van correctie wordt gevonden door de bovenste dubbelcontour van de sluitplaat aan te houden samen met de ventro-caudale begrenzing van wervellichaam en begrenzing van de bovenste boog aan de voorzijde van de proc. spinosus.

FIGUUR 7 NEUTRALE STAND



Bij torsie worden de proc. articulares voor elkaar liggend afgebeeld en ontstaan dubbelcontouren aan de achterzijde van het wervellichaam. Het wervellichaam blijkt van vorm te veranderen. De contour van de voorzijde wijzigt zich iets, en dek- en sluitplaten passen niet goed meer. Het wervellichaam wordt iets langer in voor-/achterwaartse richting. Bij het zo goed mogelijk op elkaar leggen van het wervellichaam past de proc. spinosus niet meer. Het omgekeerde is ook het geval: bij het op elkaar leggen van de proc. spinosi past het wervellichaam niet meer.

Een goede correctie van de meetprocedure wordt gevonden door eerst de ventrocaudale begrenzing van het wervellichaam op elkaar te leggen zodanig dat ook begrenzing van de bovenste boog aan de voorzijde van de proc. spinosus op elkaar ligt. Hierbij wordt vervolgens zoveel mogelijk sluitplaat en voorste wervellichaamcontour aangehouden.

TABEL 1 AFWIJKENDE WERVELCONTOUREN
 RESULTAAT VAN DE GECORRIGEERDE MEETPROCEDURE
 GEMIDDELDE LIGGING VAN HET BEWEGINGSCENTRUM
 STANDAARDDEVIAATIE EN GEMIDDELDE MEETFOUT

METING	SEGMENT	X-COORD	Y-COORD	SD	GM	AFSTAND TOT NORMALE LIGGING
NORMAAL	C3/4	12.9	1.6	0.48	1.38	
	C4/5	15.4	0.9	0.77	1.10	
	C5/6	14.9	3.3	0.33	0.56	
KANTELING	C3/4	12.3	1.0	0.57	1.05	0.8
	C4/5	15.4	0.3	0.46	1.39	0.6
	C5/6	15.9	4.2	0.63	1.30	1.3
TORSIE	C3/4	12.6	1.8	0.18	1.60	0.4
	C4/5	16.1	0.6	0.66	1.49	0.8
	C5/6	14.4	3.0	0.55	0.75	0.6

IV.5 NADER ONDERZOEK NAAR DE RELATIE TUSSEN MEETFOUT EN DRAAIHOEK

Doel van het onderzoek is na te gaan of er een vaste relatie bestaat tussen meetfout en draaihoek. Immers dan zou met slechts eenmaal toepassen van de meetprocedure kunnen worden volstaan, waarbij dan een vaste meetfout zou gelden per draaihoek.

Bij een 21-tal segmenten met opklimmende draaihoek van 4° tot 23° wordt 20 maal het bewegingscentrum bepaald. De coördinaten van elk centrum worden door het plaatsen van een coördinatenstelsel afgelezen.

De resultaten zijn in tabel 2 vermeld.

TABEL 2 RELATIE TUSSEN MEETFOUT EN DRAAIHOEK
GEMIDDELDE MEETFOUT EN STANDAARDDEVIATIE NA
20x UITVOEREN VAN DE MEETPROCEDURE BIJ 21 SEGMENTEN
MET OPKLIMMENDE DRAAIHOEKGROOTTE

HOEK	SD	GM	HOEK	SD	GM	HOEK	SD	GM
4°	0.93	1.85	7°	0.93	1.79	11°	0.43	0.82
5°	0.96	2.12	7°	0.72	1.85	13°	0.40	0.80
5°	0.94	1.93	8°	0.70	1.41	14°	0.45	0.87
5°	0.78	1.55	8°	0.66	1.26	15°	0.38	0.62
5°	1.12	1.68	8°	0.68	1.71	18°	0.38	0.67
6°	0.85	1.59	9°	0.63	1.27	21°	0.20	0.50
6°	0.93	1.80	10°	0.51	1.16	23°	0.25	0.55

Variantieanalyse (F-toets) levert op, dat het verband tussen meetfout en draaihoekgrootte niet zodanig is, dat bij één bepaalde draaihoek de meetfout een vaste waarde aanneemt. Vaker dan slechts eenmaal toepassen van de meetprocedure bij bepaling van het bewegingscentrum is derhalve noodzakelijk.

IV.6 INTEROBSERVERS

Twee personen (A en B), beiden arts, en ervaren in het lezen van cervicale röntgenfoto's, worden geïnstrueerd in de meetprocedure. Hun wordt verzocht bij een tweetal segmenten eerst kopieën te vervaardigen en vervolgens daarmee 20 maal het bewegingscentrum te bepalen.

Het blijkt, dat anderen in staat zijn met eenzelfde nauwkeurigheid als die van mij, de meetprocedure toe te passen. Wel blijkt tevens, dat de mogelijkheid bestaat dat bij herhalen van de gehele meetprocedure de ligging van het bewegingscentrum kan afwijken.

Het resultaat is vermeld in tabel 3.

De nauwkeurigheid waarmee observer B de meetprocedure toepast lijkt beter dan die van mij. Daarentegen is de werkwijze van observer A veel onnauwkeuriger. Hiervoor is echter een reden.

TABEL 3 INTEROBSERVERMETINGEN

OBSERVER	SEGMENT	SD	GM
A	6°	1.72	4.76
	9°	1.73	2.85
B	7°	0.53	1.19
	8°	0.46	1.13

TABEL 4 OBSERVER A

SEGMENT	SERIE	X-COORD	Y-COORD	SD	GM
6°	1-10	23.40	0.95	1.38	2.50
	11-20	17.40	7.35	1.04	1.89
9°	1-10	17.35	8.70	1.29	2.61
	11-20	22.25	8.50	0.57	1.15

Na 10 maal meten had hij het gevoel erg onnauwkeurig te werken. Hij dacht dat dit zou kunnen liggen aan de dikte van de punt van de pen waarmee hij de overtrektekeningen vervaardigd had. Hij nam een andere pen, maakte een nieuwe overtrektekening en heeft daarna de tweede serie van 10 metingen uitgevoerd.

Het resultaat van de eerste en tweede 10 metingen van observer A is vermeld in tabel 4.

De spreiding van de tweede 10 metingen komt overeen met mijn waarden (tabel 2), en is beduidend lager dan bij de eerste 10 metingen.

Er bestaat een aanzienlijk verschil in gemiddelde ligging van het bewegingscentrum van eerste en tweede 10 metingen (zie tabel 4: X- en Y-coördinaat). Dit zou kunnen wijzen op een sterke meetfout bij het maken van overtrektekening, coördinatenstelsel of kader. Ook kan het slechts te wijten zijn aan de puntdikte van de pen.

IV.7 HERHALINGSFOUT

Onderzoek wordt verricht naar de nauwkeurigheid van de ligging van het bewegingscentrum bij herhaling van de gehele meetprocedure.

Clusteranalyse wordt getoetst op toepasbaarheid.

Bezien wordt in hoeverre de gemiddelde meetfout een bruikbaar parameter is.

De invloed van de segmentale draaihoekgrootte wordt nagegaan.

Naarmate de procedure vaker wordt herhaald, zal de afstand van het bepaalde bewegingscentrum (als gemiddelde van alle bepalingen) tot het werkelijke centrum kleiner worden.

Correlatierekening geeft informatie over deze afstand.

Wordt deze afstand bij eenmalige bepaling van het centrum op 1.00 gesteld, dan is bij bepaling op basis van het gemiddelde van 2 resp. 3 metingen deze afstand nog slechts 0.65 resp. 0.52. Nog vaker meten levert geen sterke verkleining van de afstand meer op: bij 4x, 5x resp. 10x meten wordt de afstand 0.45, 0.40 resp. 0.32. Gekozen wordt voor bepaling van het bewegingscentrum op basis van drie metingen.

Onderzoekopzet

Vijftig willekeurig gekozen segmenten met draaihoek van 6° tot 22° worden onderzocht. Van elk segment worden twee stel kopieën vervaardigd. Van elk stel wordt door 3x herhalen van de meetprocedure

de gemiddelde ligging van het bewegingscentrum bepaald. Aldus ontstaan een 1e en 2e meting. Beide metingen worden onafhankelijk van elkaar, met voldoende tijdsinterval, verricht.

De segmenten worden genummerd van S-1 t/m S-50.
Op basis van draaihoekgrootte worden de vijftig segmenten onderverdeeld in 5 groepen van elk 10 segmenten:
* Groep I: draaihoeken van 6° tot en met 8°
* Groep II: draaihoeken van 9° tot en met 11°
* Groep III: draaihoeken van 12° tot en met 14°
* Groep IV: draaihoeken van 15° tot en met 17°
* Groep V: draaihoeken van 18° tot en met 22°

Alle relevante gevonden waarden van dit onderzoek zijn vermeld in tabel B - 1.

Clusteranalyse

Clusteranalyse van 1e en 2e meting levert een gemiddelde ratio-waarde op van 1.59. Dit wijst op het bestaan van een herhalingsfout.

Bovendien vertoont de ratiowaarde een sterke afhankelijkheid van de segmentale draaihoekgrootte. Het verschil tussen de gemiddelde clusterratio van groep I (1.18) en van groep V (1.73) is significant.

Tabel 5 vermeldt de gemiddelde CR-waarden per groep.

Het blijkt redelijk goed mogelijk om de invloed van segmentale draaihoekgrootte op de ratiowaarde te reduceren door een herhalingsfout-correctie toe te passen op de A-TU-waarde van de ratio. Correcties oplopend tot 1.3 mm. worden geanalyseerd. Hierdoor ontstaan lagere gemiddelde ratiowaarden per groep. De twee extreem hoge waarden bij groep III (S-23 en S-28) zijn bij de berekening geëlimineerd. Vermindering van de A-TU-waarde met 1.0 mm. lijkt de beste keuze. De gecorrigeerde ratiowaarden (GCR), welke dan optreden (zie eveneens tabel 5), zijn aanzienlijk minder afhankelijk van de

TABEL 5 HERHALINGSFOUT
AANPASSING VAN DE CLUSTERANALYSE
(met weglating van S-23 en S-28)
GEMIDDELDE CLUSTERRATIO PER GROEP ZONDER EN
MET - 1.0 mm. CORRECTIE VAN DE A-TU-WAARDE

A-TU CORRECTIE	GEMIDDELDE CLUSTERRATIO PER GROEP				
	I	II	III	IV	V
geen	1.18	1.50	1.65	1.56	1.73
- 1.0	0.72	0.78	0.83	0.69	0.64

draaihoekgrootte. Helaas is eliminatie van deze invloed met deze wijze van clusteranalyse niet te realiseren.

De gemiddelde GCR-waarde bedraagt 0.79. Vijf waarden zijn hoger dan 1.50 (1.63, 1.69, 1.71, 2.01 en 2.72).

De hoogte van de $GCR_{0.95}$ -waarde (95% der GCR-waarden is kleiner dan deze waarde) is afhankelijk van de benadering van de verdeling der 50 GCR-waarden. Deze verdeling is namelijk niet normaal en ook niet fraai Chi-kwadraat verdeeld. De best passende Chi-kwadraat verdeling (op de hogere GCR-waarden) is die met 4 vrijheidsgraden. De $GCR_{0.95}$ -waarde bedraagt dan 1.90, de $GCR_{0.99}$ -waarde 2.65.

Een bootstrap-steekproef [34] van 1000 waarden, gesimuleerd uit de oorspronkelijk 50 waarden, levert een andere verdeling op van de 0.95-waarden. 95% van de mogelijk te hanteren $GCR_{0.95}$ -waarden ligt dan tussen 1.72 en 3.14. De gemiddelde $GCR_{0.95}$ -waarde is dan 2.35 (zie ook tabel 7).

Aangenomen wordt dat, indien bij gecorrigeerde clusteranalyse van twee bewegingscentra ratiowaarden optreden van 1.90 of groter, er werkelijk sprake is van twee verschillende centra. De 1.90 norm is wat laag, en kan voor grotere betrouwbaarheid verhoogd worden naar 2.35. Bedacht moet worden dat slechts 2 van de 50 GCR-waarden groter zijn dan 1.90 (2.72 en 2.01).

Gemiddelde Meetfout

De Gemiddelde Meetfout is sterk afhankelijk van de draaihoekgrootte. Het verband tussen beide kan worden weergegeven door:

$$GM \times HOEK = 9.76 \text{ (sd.:3.41)}$$

waarbij "HOEK" de segmentale draaihoek in graden voorstelt. 64% van de waarden valt binnen een spreiding van $\pm 1 \times \text{sd.}$; 17% van de waarden is lager, 19% hoger.

TABEL 6 HERHALINGSFOUT
GEMIDDELDE MEETFOUT (GM) VAN EN AFSTAND (A)
TUSSEN DE LIGGING VAN HET BEWEGINGSCENTRUM
BIJ EERSTE EN TWEDE METING (in mm.)
GEMIDDELDE WAARDEN PER DRAAIHOEKGROEP
(standaarddeviaties tussen haakjes)

DRAAIHOEKGROEP	GM	A
I (6-8°)	1.37 (0.52)	2.11 (0.94)
II (9-11°)	0.85 (0.28)	1.87 (1.06)
III (12-14°)	0.73 (0.24)	2.06 (1.04)*
IV (15-17°)	0.70 (0.22)	1.56 (0.58)
V (18-22°)	0.52 (0.22)	1.35 (0.62)

* bij weglaten van S-23 en S-28: 1.67 (0.69)

In tabel 6 zijn de gemiddelde waarden van de gemiddelde meetfout per draaihoekgroep weergegeven. Toename van de GM-waarden vindt vooral plaats bij de kleinste draaihoekgroep ($6 - 8^{\circ}$).

Door per segment de ligging van het bewegingscentrum te bepalen uit het totaal ($2 \times 3 = 6$) aantal bepalingen en op basis hiervan de gemiddelde meetfout (GM_X) te berekenen, wordt een indruk verkregen over de consistentie van de verkregen GM-waarden ($GM-1$ en $GM-2$). Alle GM_X -waarden staan vermeld in tabel B - 1.

Het blijkt dat de GM_X -waarden in vele gevallen niet overeenkomen met de gevonden GM-waarden. Bij 39 van de 50 segmenten heeft de GM_X een grotere waarde dan de grootste GM-waarde. Het produkt $GM_X \times HOEK$ heeft een gemiddelde waarde van 14.8.

Dit betekent, dat de gemiddelde meetfout als parameter niet bruikbaar is. Daarvoor is de systematische fout, welke bij de meetprocedure gemaakt wordt, te groot.

De afstand tussen de bewegingscentra van eerste en tweede meting

De afstand (A), welke bestaat tussen de gemiddelde ligging van het bewegingscentrum van de eerste en van de tweede meting, is gemiddeld 1.79 (sd. 0.89). 95% der A-waarden is kleiner dan 3.65. De afstand is echter eveneens afhankelijk van de draaihoekgrootte (tabel 6). Het verband tussen beide kan weergegeven worden door:

$$A \times \sqrt{HOEK} = \text{constant}$$

De constante bedraagt 6.23

(bij groep I t/m V resp. 5.52, 5.89, 7.46, 6.26 en 6.02).

De empirische verdeling heeft als

$$\text{mediaan } A_{0.50} = \frac{5.95}{\sqrt{HOEK}} \text{ en als bovengrens } A_{0.95} = \frac{12.72}{\sqrt{HOEK}}$$

Hieruit kan (met acceptabele benadering) geconcludeerd worden (met een betrouwbaarheid van 95%) dat twee bewegingscentra, behorend bij bewegingstrajecten met segmentale draaihoeken (6° of groter) $HOEK_1$ en $HOEK_2$, en onderlinge afstand A, significant liggingsverschil hebben indien:

$$A > \frac{18.0}{\sqrt{HOEK_1 + HOEK_2}}$$

IV.8 SEGMENTEN MET ZEER KLEINE DRAAIHOEKEN

Nagegaan wordt, of segmenten met een draaihoek kleiner dan 6° in het onderzoek te betrekken zijn. Daarbij wordt onderzocht of gecorrigeerde clusteranalyse vergelijkbare resultaten geeft als die welke gevonden zijn bij de grotere draaihoeken. Bovendien wordt gezien in hoeverre de afstand A, welke optreedt tussen twee bewegingscentra bij herhaalde bepaling, voldoet aan de normen welke gevonden zijn bij de grotere draaihoeken.

Segmenten met draaihoeken van 3° , 4° en 5° worden onderzocht. Van elke draaihoek worden 8 segmenten uitgemeten. De segmenten zijn niet willekeurig gekozen, doch geselecteerd. Selectie vindt plaats op basis van het goed zichtbaar zijn van de volledige wervelcontour op alle röntgenopnamen (vooral bij de craniodorsale begrenzing van de boog).

Van elk segment worden twee stel kopieën vervaardigd welke, onafhankelijk van elkaar, worden uitgemeten. Teneinde de nauwkeurigheid te vergroten wordt de meetprocedure vaker herhaald. Het aantal maal herhalen bij draaihoeken van 5° , 4° en 3° bedraagt resp. 5x, 8x en 10x.

Alle relevante waarden staan per segment vermeld in tabel B - 2.

Clusteranalyse

De gecorrigeerde clusterratiowaarden worden berekend.

Een Bootstraponderzoek [34] wordt van de 8 waarden van elke draaihoek verricht. Van deze 8 waarden worden er telkens op een andere wijze een aantal samengenomen zodanig, dat 1000 waarden ontstaan. Op basis hiervan wordt de spreiding van de $GCR_{0.95}$ waarde geanalyseerd.

Het resultaat ervan staat vermeld in tabel 7. Ter vergelijking is ook de Bootstrap van de 50 segmenten met grotere draaihoeken weergegeven.

TABEL 7 BOOTSTRAP
GEMIDDELDE EN SPREIDING VAN DE $GCR_{0.95}$
BIJ SEGMENTEN MET ZEER KLEINE EN
GROTERE DRAAIHOEKEN

	3°	4°	5°	$6-22^{\circ}$
GEMIDDELDE	1.57	1.42	0.93	2.35
0.50	1.60	1.42	0.94	2.32
0.025	1.06	1.14	0.73	1.72
0.975	2.02	1.70	1.05	3.14
0.95	1.96	1.67	1.04	3.00

Opvallend is, dat zowel de gemiddelde als de spreidingswaarden van de $GCR_{0.95}$ bij de segmenten met zeer kleine draaihoek veel lager zijn dan die bij de segmenten met grotere draaihoek.

Het feit dat de resultaten beter zijn dan bij de segmenten met grotere draaihoek, kan veroorzaakt zijn door de selectie van röntgenmateriaal welke heeft plaatsgevonden. Het vaker dan 3 maal

herhalen van de meetprocedure lijkt daarbij van minder belang. Wel moet bedacht worden dat het hier gaat om 3 kleine series van slechts 8 segmenten, zodat de kans op het optreden van "uitschieters" gering is.

Geconcludeerd kan worden, dat de toepassing van gecorrigeerde clusteranalyse bij segmenten met zeer kleine draaihoek heel goed mogelijk is. De 1.90 norm is daarbij goed bruikbaar.

De afstand tussen de bewegingscentra van eerste en tweede meting

Naarmate de segmentale draaihoek kleiner is neemt de afstand (A) tussen de bewegingscentra bij herhaalde bepaling sterk toe (zie voor gemiddelde A-waarden (A_{GEM}) per draaihoek tabel 8; ter vergelijking de A-waarden van grotere draaihoeken tabel 6).

De vraag is, in hoeverre het verband " $A \times \sqrt{HOEK} = \text{constant}$ " en de daarbij behorende $A_{0.95}$ -waarden nog in overeenkomst is met datgene wat gevonden werd bij de grotere draaihoeken.

Per draaihoek worden de $A \times \sqrt{HOEK}$ -waarden bepaald. De verdeling van deze waarden heeft resp. 8, 10 en 14 vrijheidsgraden bij de segmenten met resp. 3°, 4° en 5° draaihoek. De gemiddelde waarde van de constante is vermeld in tabel 8. Bij de segmenten met 3° en 4° draaihoek is de waarde van de constante in overeenstemming met die van de segmenten met grotere draaihoek (6.23). De constante van de 5°-serie is wat laag.

De bovengrenswaarde $A_{0.95} \times \sqrt{HOEK}$ bedraagt bij de segmenten met 3°, 4° en 5° draaihoek resp. 14.46, 12.34 en 7.41 (is 12.72 bij de segmenten met grotere draaihoeken).

Vergelijking van de mediaan en de bovengrenswaarde van A, bepaald volgens de gevonden waarden bij de segmenten met zeer kleine draaihoeken en bepaald volgens de normen van de segmenten met

TABEL 8 ZEER KLEINE HOEKEN
GEMIDDELDE A-WAARDE
DE CONSTATE " $A \times \sqrt{HOEK}$ "
MEDIAAN EN BOVENGRENSWAARDE OP BASIS VAN
DE WERKELIJKE WAARDEN EN OP BASIS VAN DE
NORMEN VAN GROTERE DRAAIHOEKEN (*)

	$A \times \sqrt{HOEK}$	A_{GEM}	$A_{0.50}$	$A_{0.50*}$	$A_{0.95}$	$A_{0.95*}$
3°	7.03	4.06	3.95	3.44	8.35	7.33
4°	6.84	3.42	3.15	2.98	6.17	6.35
5°	4.44	1.99	1.87	2.66	3.31	5.68

grotere draaihoek, laat bij de 4^o-serie sterke overeenkomsten zien (tabel 8). De 5^o-serie vertoont lagere waarden dan verwacht op basis van de normen bij segmenten met grotere draaihoek. Bij de segmenten met een draaihoek van 3^o kunnen echter A-waarden voorkomen welke groter zijn dan verwacht op basis van de norm van de segmenten met grotere draaihoek.

Geconcludeerd kan worden, dat het A-criterium, zoals vastgesteld voor segmenten met grotere draaihoek (A moet groter zijn dan 18.0 gedeeld door de wortel uit de som van de beide draaihoeken), bij de segmenten met zeer kleine draaihoek ook toepasbaar is.

IV.9 CONCLUSIE

De meetmethode is bruikbaar voor het vaststellen van de ligging van segmentale bewegingscentra. De segmentale draaihoek dient tenminste 3^o graden te bedragen. De nauwkeurigheid van de methode neemt af naarmate de segmentale draaihoek geringer is. Niet volstaan kan worden met een eenmalige bepaling van het centrum. Steeds dient de ligging ervan vastgesteld te worden op basis van het gemiddelde van tenminste 3 bepalingen. Segmenten met een draaihoek van 5^o of kleiner zijn slechts verwerkbaar indien de wervelcontouren op alle röntgenopnamen goed zichtbaar zijn. Bovendien is het bij hen noodzakelijk om meer dan 3 bepalingen uit te voeren (bij draaihoek van 3^o, 4^o en 5^o resp. 10x, 8x en 5x).

Clusteranalyse, mits aangepast, is een bruikbare methode om vast te stellen of twee verschillende bewegingscentra van een segment significant van ligging verschillen. Bij de berekening van de ratiowaarde dient de A-TU-waarde verminderd te worden met 1.0. De significantienorm van de ratio bedraagt 1.90. Indien een strengere grenswaarde wordt verlangd, kan 2.35 gebruikt worden.

De afstand, die twee bewegingscentra van elkaar verwijderd zijn, kan ook gebruikt worden als parameter op verschil van ligging. De segmentale draaihoekgrootte heeft invloed op de hoogte van de norm.

Twee bewegingscentra, elk behorende bij een bewegingstraject met een draaihoek van resp. HOEK₁ en HOEK₂, en onderlinge afstand A, hebben verschil van ligging indien:

$$A > \frac{18.0}{\sqrt{\text{HOEK}_1 + \text{HOEK}_2}}$$

HOOFDSTUK V

NORMALE PROEFPERSONEN

V.1 BEWEGINGSCENTRA EN PENDELING

HET BEWEGINGSCENTRUM BIJ ACTIEF BEWEGEN

De gemiddelde ligging van alle bewegingscentra bij actief bewegen van de M-serie (22-jarige mannen) blijkt overeen te stemmen met de bevindingen van Penning [64], en toont enige verschillen met die van van Mameren [53]. Bij elk cervicaal bewegingssegment ligt het centrum in het onderste wervellichaam. Daarbij blijkt bovendien, zoals door Penning reeds werd gevonden, dat bij meer caudaal gelegen segmenten het bewegingscentrum een ligging hoger in het wervellichaam heeft.

Figuur 8 toont de ligging der bewegingscentra ten opzichte van het coördinatenstelsel, weergegeven in de N-opname van M-1. De centra zijn voorgesteld door cirkels, waarvan de diameter een grootte heeft van $4 \times sd$. Bij C5/6 is de spreiding van de ligging het geringst; bij C2/3 en C3/4 het grootst.

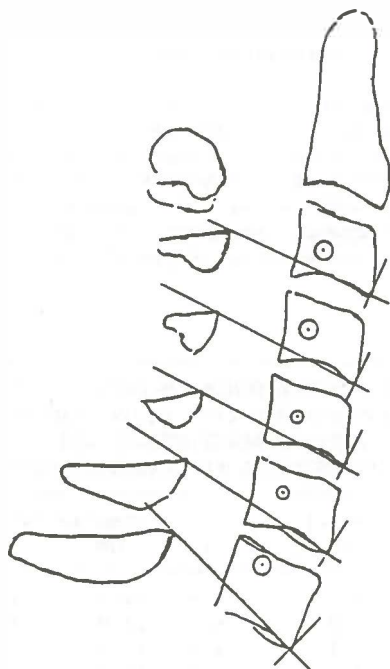
De gemiddelde ligging van de bewegingscentra bij actief bewegen in de standaardwervel is weergegeven in figuur 9. Niet alleen de meer craniaalwaartse ligging van het centrum bij meer caudaal gelegen segmenten komt naar voren, ook valt op dat bij meer caudaal gelegen segmenten het centrum meer ventraalwaarts ligt. Het verschil in ligging van het centrum bij C2/3 en C6/7 is zowel voor-/achterwaarts als qua niveau gezien significant. Opvallend is de meer craniaalwaartse centrumligging van C3/4 in vergelijking met C4/5.

Van Mameren [53] vindt een meer craniale ligging bij de segmenten C4/5, C5/6 en C6/7. Bovendien ligt het bewegingscentrum bij C6/7 in zijn onderzoek meer ventraal.

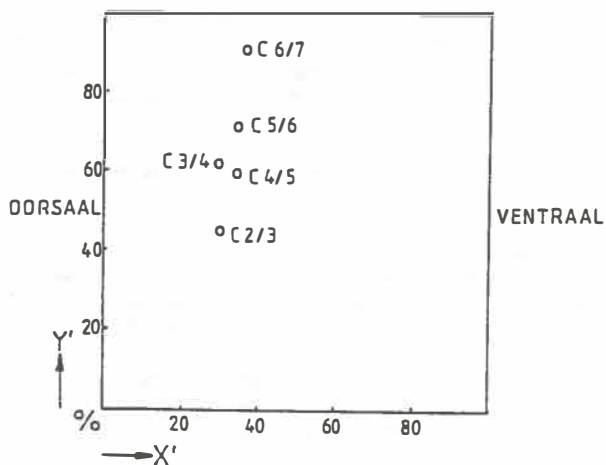
TABEL 9 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
BEWEGINGSCENTRA BIJ ACTIEF BEWEGEN
COORDINATEN VAN DE GEMIDDELTE LIGGING
IN COORDINATENSTELSEL EN STANDAARDWERVEL

	X-coörd. Y-coörd.		X'-coörd. Y'-coörd.	
C2/3	16.1	5.4	30.8	44.0
C3/4	17.3	7.5	30.3	63.5
C4/5	16.8	6.7	34.8	61.0
C5/6	18.0	7.6	34.3	72.6
C6/7	19.1	10.9	37.2	91.1

FIGUUR 8 LIGGING EN SPREIDING VAN DE
ACTIEVE BEWEGINGSCENTRA T.O.V.
HET COÖRDINATENSTELSEL



FIGUUR 9 ACTIEVE BEWEGINGSCENTRA
IN DE STANDAARDWERVEL



Tabel 9 vermeldt de gemiddelde coördinaatwaarden van de ligging van de bewegingscentra ten opzichte van coördinatenstelsel en in de standaardwervel.

Vergelijking van de spreidingswaarden van de gemiddelde liggingen der bewegingscentra in coördinatenstelsel en standaardwervel laat zien dat de standaardwervel tenminste een even goede benadering is van de weergave der bewegingscentra als het coördinatenstelsel. In tabel 10 worden de spreidingswaarden vermeld.

Bij vergelijking van de spreidingswaarden dient in aanmerking te worden genomen, dat deze in het coördinatenstelsel in mm. en in de standaardwervel in percent zijn uitgedrukt. Het verschil bedraagt ongeveer een factor 5 (de gemiddelde hoogte van de wervellichamen bedraagt 18.4 mm., de gemiddelde voor-/achterwaartse lengte 21.7 mm.).

TABEL 10 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
SPREIDINGSWAARDEN (sd. en GM) VAN DE LIGGING
VAN HET ACTIEVE BEWEGINGSCENTRUM IN
COORDINATENSTELSEL EN STANDAARDWERVEL

	coörd.stelsel		standaardwervel			
	sd.	GM	sd.	GM	sd. X'	sd. Y'
C2/3	1.4	2.7	6.9	14.2	7.1	15.0
C3/4	1.4	3.0	6.4	12.9	5.8	13.9
C4/5	1.2	2.1	6.0	10.0	5.3	10.9
C5/6	0.9	2.4	4.3	11.8	6.6	11.4
C6/7	1.2	2.6	5.9	10.7	4.9	11.8

De spreiding van de ligging der bewegingscentra is niet fraai cirkelvormig, doch ovaal. Dit valt af te leiden uit de standaarddeviaties afzonderlijk voor de X' - en Y' -coördinaat in de standaardwervel (tabel 10). De spreiding in verticale richting is ongeveer 2x zo groot als die in voor-/achterwaartse richting. De ligging van het bewegingscentrum is in voor-/achterwaartse richting sterker plaatsgebonden dan in verticale richting.

NIVEAU VAN HET ACTIEVE BEWEGINGSCENTRUM IN RELATIE TOT LEEFTIJD EN GESLACHT

Bij alle segmenten bestaat, zowel bij mannen als bij vrouwen, een tendens tot een meer caudale ligging van het bewegingscentrum bij 41-jarigen in vergelijking tot de 22-jarigen. Dit suggereert dat het centrum, zeker in deze leeftijdsperiode, bij het ouder worden daalt.

Tabel 11 laat de gemiddelde Y' -coördinaatwaarden per segment zien, verdeeld naar geslacht en leeftijd. Tabel B - 4 vermeldt bovendien de X' -coördinaatwaarden en de spreiding van alle coördinaten.

Het lagere niveau van het bewegingscentrum bij 41-jarigen is het geringst bij het segment C5/6 bij mannen. Bij C6/7 is het verschil ook niet significant. Bij de overige segmenten, evenals C5/6 bij vrouwen, is het niveauverschil van het actieve centrum bij 22- en 41-jarigen wel significant.

TABEL 11 NORMALE PROEFPERSONEN
NIVEAU VAN HET ACTIEVE BEWEGINGSCENTRUM
NAAR LEEFTIJD EN GESLACHT
(gemiddelde Y'-coördinaat per segment)

	M A N N E N		V R O U W E N	
	22 jaar	41 jaar	22 jaar	41 jaar
C2/3	44.0	21.2	34.2	17.6
C3/4	63.5	44.6	49.5	41.9
C4/5	61.0	52.2	56.2	45.5
C5/6	72.6	71.1	73.2	61.0
C6/7	91.1	86.7	86.6	80.4

Het bewegingscentrum ligt bij vrouwen (met uitzondering van C5/6 bij 22-jarigen) steeds lager dan bij mannen. Geslachtsverschil lijkt hiermee aanwezig, doch daar waar significante verschillen optreden, gaan deze eveneens samen met significante verschillen in discushoogte dan wel wervellichaamhoogte.

Het niveauverschil tussen mannen en vrouwen is bij C3/4 (22-jarigen) en C5/6 (41-jarigen) significant. Bij beide segmenten bestaat dan echter ook een significant verschil in wervellichaam- en discushoogte (bij vrouwen zijn beide lager).

Teneinde te kunnen concluderen of werkelijk geslachtsverschil bestaat, wordt de relatie tussen het niveau van het bewegingscentrum enerzijds en wervellichaamhoogte en discushoogte anderzijds afzonderlijk onderzocht.

Het niveau van het bewegingscentrum en de wervellichaamhoogte

Het blijkt niet mogelijk om per segment subgroepen te formeren zodanig, dat niveau van het bewegingscentrum en wervellichaamhoogte te vergelijken zijn. Steeds treedt daarbij verschil op qua discushoogte, leeftijd of geslacht.

Eliminatie van leeftijd- en geslachtsinvloed is mogelijk door de mannen en vrouwen van M- en V-serie (22-jarigen) afzonderlijk te analyseren, waarbij alle segmenten betrokken worden. Daar echter niveauverschil van het bewegingscentrum bestaat tussen de segmenten wordt het gemiddelde niveau bij elk segment gesteld op 100, en vervolgens de hoogte van elk bewegingscentrum hiernaar omgerekend. Beide groepen worden opgedeeld in twee subgroepen naar

TABEL 12 NORMALE PROEFPERSONEN
RELATIE TUSSEN WERVELLICHAAMHOOGTE EN
HET NIVEAU VAN HET BEWEGINGSCENTRUM
 (gemiddelde waarden met tussen haakjes
 vermelding van de standaarddeviatie)

GROEP		WERVELLICHAAMHOOGTE	BC-NIVEAU	DISCUSHOOGTE
MANNEN	n=19	19.5 (HOOG)	105.4 (12.4)	6.8 (0.7)
	n=20	17.5 (LAAG)	95.0 (11.0)	6.8 (0.5)
VROUWEN	n=17	18.5 (HOOG)	96.6 (7.9)	6.8 (0.8)
	n=23	15.3 (LAAG)	102.5 (12.0)	6.3 (0.5)

hoogte van het wervellichaam: boven het gemiddelde van het segment is "hoog", onder het gemiddelde is "laag".

Het resultaat is vermeld in tabel 12.

Bij mannen is het niveau van het bewegingscentrum significant ($p < 0.01$) hoger indien hogere wervellichamen bestaan. Dit is onafhankelijk van de discusshoogte. Bij vrouwen evenwel bestaat een tendens ($t = 1.816$) tot het omgekeerde, zij het, dat hogere wervellichamen hier samengaan met significant ($p < 0.05$) hogere disci.

TABEL 13 NORMALE PROEFPERSONEN
RELATIE TUSSEN DISCUSHOOGTE EN HET
NIVEAU VAN HET BEWEGINGSCENTRUM
 (gemiddelde waarden met tussen haakjes
 vermelding van de standaarddeviatie)

GROEP		DISCUSHOOGTE	BC-NIVEAU	WERVELLICHAAMHOOGTE
MANNEN	n=14	6 mm.	101.5 (14.5)	18.8 (1.4)
	n=31	7.1 mm.	99.3 (11.0)	18.3 (1.2)
VROUWEN	n=24	6 mm.	100.6 (12.9)	16.2 (2.1)
	n=16	7.2 mm.	99.1 (6.7)	17.3 (2.2)

Het niveau van het bewegingscentrum en de discusshoogte

Ook nu worden mannen en vrouwen van de M- en V-serie (22-jarigen) afzonderlijk onderzocht waarbij alle segmenten betrokken worden. In verband met niveauverschil van het bewegingscentrum per segment wordt het gemiddelde niveau per segment op 100 gesteld en vervolgens de hoogte van elk bewegingscentrum hiernaar omgerekend. Beide groepen worden onderverdeeld in twee subgroepen naar discusshoogte: lagere disci (6 mm.) en hogere disci (7 en 8 mm.).

Het resultaat is vermeld in tabel 13.

Niet aantoonbaar is dat de discuss hoogte van invloed is op het niveau van het bewegingscentrum. Wel valt ook hier weer op dat bij vrouwen hogere disci samengaan met hogere wervellichamen.

TABEL 14 NORMALE PROEFPERSONEN 22-JARIGEN
SEGMENT C3/4

M A N N E N				V R O U W E N			
PERSOON	Y'	WL	LT	PERSOON	Y'	WL	LT
M-1	64.1	17	22	V-1	59.8	21	26
M-2	65.7	18	24	V-2	41.4	16	19
M-3	55.9	18	22	V-3	49.0	17	22
M-4	74.3	20	21	V-4	54.0	14	18
M-5	46.5	16	21	V-5	47.0	16	28
M-6	89.0	19	20	V-6	44.2	17	25
M-7	73.9	20	19	V-7	30.8	16	24
M-8	52.8	17	22	V-8	69.5	15	18
M-9	49.1	18	26				

personen met wervellichamen van 16 en 17 mm. hoogte

mannen n=3

Y': 54.5 (sd.8.9)

WL: 16.7 (sd.0.6)

LT: 21.7 (sd.1.4)

vrouwen n=5

Y': 42.5 (sd.7.1)

WL: 16.4 (sd.0.5)

LT: 23.6 (sd.3.4)

TABEL 15 NORMALE PROEFPERSONEN 41-JARIGEN
SEGMENT C5/6

M A N N E N				V R O U W E N			
PERSOON	Y'	WL	LT	PERSOON	Y'	WL	LT
OM-1	67.1	18	31	OV-1	67.8	15	30
OM-2	59.4	18	34	OV-2	46.1	16	33
OM-3	68.0	17	35	OV-3	57.7	17	36
OM-4	74.8	18	37	OV-4	83.1	15	38
OM-5	90.0	18	40	OV-5	70.0	15	39
OM-6	65.0	18	42	OV-6	59.4	15	42
OM-7	66.8	17	42	OV-7	53.0	14	42
OM-8	84.9	18	46	OV-8	58.1	16	46
OM-9	69.7	17	51	OV-9	66.6	15	47
OM-10	64.9	20	51	OV-10	48.7	17	53

personen met wervellichamen van 16 en 17 mm. hoogte

mannen n=3

Y': 68.2 (sd.1.5)

WL: 17.0 (sd.0.0)

LT: 42.7 (sd.8.0)

vrouwen n=4

Y': 52.6 (sd.6.2)

WL: 16.5 (sd.0.6)

LT: 42.0 (sd.9.2)

Nu blijkt, dat de discushoogte niet, en de wervellichaamhoogte mogelijk wel (bij mannen) van invloed is op het niveau van het bewegingscentrum, is het zinvol om de beide groepen waarbij een significant geslachtsverschil bestaat qua niveau van het centrum nader te bekijken. Deze groepen zijn het segment C3/4 bij 22-jarigen (M- en V-serie) en het segment C5/6 bij 41-jarigen (OM- en OV-serie).

Per persoon zijn van beide groepen het BC-niveau (Y'), de wervellichaamhoogte (WL) en de leeftijd (LT) in de tabellen 14 (segment C3/4) en 15 (segment C5/6) weergegeven. De personen met wervellichaamhoogte van 16 en 17 mm. zijn daarbij als subgroep apart vermeld.

Voor wat betreft het niveau van het bewegingscentrum blijken zowel bij het segment C3/4 als C5/6 significante verschillen ($p < 0.05$ resp. $p < 0.01$) te bestaan tussen mannen en vrouwen van de subgroepen. Helaas betreft het hier zeer kleine groepen van 3 tot 5 personen, zodat conclusies hieruit trekken dubieus is.

Het lijkt waarschijnlijk, dat geslachtsverschil bestaat qua niveau van het bewegingscentrum, onafhankelijk van de hoogte van het wervellichaam. Bij mannen ligt het centrum hoger dan bij vrouwen.

NIVEAU VAN HET BEWEGINGSCENTRUM IN RELATIE TOT HET FACETGEWRICHT

Niet alleen de ligging van het bewegingscentrum is meer craniaal bij meer caudaal gelegen segmenten, dit is ook het geval met de ligging van het facetgewricht in relatie tot zijn segment.

Dit kan geconcludeerd worden uit het resultaat van twee metingen, verricht bij de M-serie (zie tabel 16):

1. de afstand van de onderste punt van de proc. articularis tot het vlak van de sluitplaat van zijn eigen wervel (afstand 1),
2. de grootte van het lijnstuk dat ligt op de lijn welke het verlengde is van de sluitplaat en begint aan de achterzijde van het wervellichaam, en eindigt op de plaats waar het verlengde van de sluitplaat de voorste begrenzing van de proc. articularis van zijn eigen wervel snijdt (afstand 2).

De grootte van de hoek tussen het facetgewricht en de sluitplaat vertoont geen caudaalwaartse verandering (gemiddelde waarden zijn in tabel 16 vermeld). De hoek is bij C3, C4 en C5 stomper dan bij C2 en C6 [29,69].

TABEL 16 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
POSITIE VAN HET FACETGEWRICHT
AFSTAND 1 EN 2 (zie tekst)
HOEK VAN FACETGEWRICHT MET ZIJN SLUITPLAAT

	C2	C3	C4	C5	C6
AFSTAND 1	12.3	7.0	4.0	2.9	3.9
AFSTAND 2	6.3	7.1	8.2	9.2	11.5
HOEK	109.0	116.7	122.8	120.6	110.4

TABEL 17 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
RELATIE TUSSEN HET FACETGEWRICHT EN
HET NIVEAU VAN HET BEWEGINGSCENTRUM

	"DIP-NIVEAU"	GROOTSTE HOEK
M-1	C3/4-C4/5	C4
M-2	C3/4-C4/5	C4
M-3	C2/3-C3/4	C3
M-4	C4/5-C5/6	C5
M-5	C4/5-C5/6	C5
M-6	C3/4-C4/5 en C4/5-C5/6	C3 en C5
M-7	C3/4-C4/5	C4
M-8	geen	C4
M-9	C4/5-C5/6	C5

Gevonden werd, dat het bewegingscentrum van C3/4 meer craniaal gelegen is dan dat van C4/5 (figuur 9). Bij 8 van de 9 personen van de M-serie blijkt, dat er ergens een segment is waarbij het bewegingscentrum een hogere ligging heeft dan het segment eronder. Dit is doorgaans bij C3/4 en C4/5. Er treedt dan een "dip" op in de verbindingslijn van de bewegingscentra van één persoon, indien deze alle worden weergegeven in één standaardwervel.

Er blijkt een sterk verband te bestaan tussen enerzijds de wervel met de grootste hoek tussen facetgewricht en sluitplaat en anderzijds de wervel met het "dipniveau" (tabel 17).

Geconcludeerd wordt, dat het niveau van het bewegingscentrum mede bepaald wordt door de anatomische stand van het facetgewricht. Dit stemt overeen met de bevindingen van Penning [64,68].

HET BEWEGINGSCENTRUM BIJ PASSIEF BEWEGEN

Bij de drie onderste segmenten blijkt de ligging van actieve en passieve bewegingscentra doorgaans niet of nauwelijks van elkaar te verschillen. Bij het segment C3/4 kan incidenteel wel verschil tussen beide centra voorkomen; bij segment C2/3 regelmatig.

In tabel 18 is per segment van alle personen de afstand tussen beide centra weergegeven; tevens de GCR-waarde bij gecorrigeerde clusteranalyse van beide centra.

Gemiddeld per segment liggen de beide bewegingscentra verder van elkaar verwijderd dan op grond van de meetfout te verwachten valt (vergelijk met tabel 5 en 6: C2/3 met groep III, overige segmenten met groep V).

Een significant verschil tussen de gemiddelde waarden per segment en de waarden van de meetfoutanalyse is echter niet aantoonbaar.

TABEL 18 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
HET BEWEGINGSCENTRUM BIJ ACTIEF EN PASSIEF BEWEGEN
GECORRIGEERDE CLUSTERANALYSE VAN BEIDE CENTRA
AFSTAND TUSSEN BEIDE CENTRA (in mm.)

* GCR-waarden boven 1.90
 + abnormaal grote afstand

	GECORRIGEERDE CR-WAARDEN					AFSTAND IN MM.				
	C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7	C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
M-1	0.66	0.23	1.08	0.87	0.51	1.70	1.05	1.58	1.90	1.51
M-2	0.20	1.20	1.54	0.36	1.26	0	2.00	1.95	1.18	2.59
M-3	0.95	0	1.09	0	0.70	1.80	0.17	1.84	0.50	1.54
M-4	3.18*	2.98*	0.16	1.67	0.23	3.48+	2.00	1.01	2.09	0.90
M-5	0.32	0.30	1.03	0.82	1.16	0.37	1.21	1.80	2.01	2.17
M-6	1.59	1.93*	0.06	1.95*	0.74	3.89+	3.37+	0.53	2.48	1.43
M-7	1.75	0.91	0.20	2.13*	0	4.47+	1.95	1.00	2.27	0.60
M-8	4.90*	0.96	1.82	1.81	1.75	7.56+	1.94	2.32	2.85+	3.47+
M-9	0.93	0	0.66	0.79	1.05	1.58	0.33	1.74	1.84	1.67
GEM	1.61	0.94	0.85	0.93	0.82	2.76	1.56	1.53	1.90	1.76

HEEFT HET BEWEGINGSCENTRUM EEN VASTE LIGGING OF IS ER SPRAKE VAN PENDELEN ?

Er blijken vrijwel steeds significante verschillen te bestaan tussen de liggingen van de bewegingscentra behorende bij de deeltrajecten anteflexie en extensie. Bij passief bewegen is bij de segmenten C3/4 en C5/6 het verschil echter uiterst gering. Het bewegingscentrum heeft dus geen vaste ligging.

In tabel 19 is de gemiddelde afstand tussen anteflexiecentrum en extensiecentrum weergegeven (voor FE-A van C6/7 ook tabel B - 3). GCR-waarden, verkregen bij clusteranalyse van de beide centra zijn vermeld in tabel B - 5.

TABEL 19 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
GEMIDDELDE AFSTAND TUSSEN DE BEWEGINGSCENTRA
VAN DE DEELTRAJECTEN ANTEFLEXIE EN EXTENSIE
BIJ ACTIEF EN PASSIEF BEWEGEN (in mm.)

	C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
ACTIEF	7.92	5.38	5.79	4.20	4.03
PASSIEF	6.74	3.14	4.00	2.66	5.35

Bij actief bewegen bestaat de grootste pendeling bij C2/3. Naar caudaal neemt de pendelgrootte af. Vergelijking van actief en passief bewegen laat verschillen zien. Bij de segmenten C2/3 t/m C5/6 bestaat bij actief bewegen een sterkere pendeling (bij C3/4 significant); bij C6/7 bestaat een tendens tot het omgekeerde.

Hoewel er gemiddeld gezien sprake is van pendeling van het bewegings centrum, treden per individu sterke verschillen op. Deze kunnen variëren van een vaste ligging tot een sterke pendeling. Vaste relaties binnen een individu tussen segmenten die wel of geen pendeling vertonen, worden niet gevonden. Zo wordt er geen versterkte pendeling waargenomen in een segment, gelegen boven een niet pendelend segment.

PENDELEN VAN HET BEWEGINGSCENTRUM BIJ ANTEFLEXIE EN EXTENSIE

Door vergelijking van de ligging van het FE-centrum met resp. het anteflexiecentrum en het extensiecentrum wordt vastgesteld of sprake is van pendelen bij resp. anteflexie en extensie.

In tabel 20 is de gemiddelde afstand tussen beide centra (het FE-centrum en het deeltrajectcentrum) per segment weergegeven. Significant verschil in ligging van FE-centrum en deeltrajectcentrum (hetgeen pendeling impliceert) is bepaald op basis van clusteranalyse van de centra (zie tabel B - 5). De waarden kunnen ook vergeleken worden met de van toepassing zijnde (overeenkomstig de draaihoekgrootte, zie tabel 24) draaihoekgroep (tabel 6 en 8) uit de meetfoutanalyse.

Bij anteflexie is sprake van significante waarden voor pendeling bij zowel actief als passief bewegen bij de segmenten C2/3, C3/4 en C4/5; alleen bij actief bewegen bij C5/6. Bij C6/7 wordt in individuele gevallen wel pendeling gezien. Bij passieve anteflexie bij C5/6 wordt slechts bij één individu pendeling gezien.

Bij extensie komt slechts significante pendeling voor bij C2/3 (zowel actief als passief) en bij C6/7 (alleen passief).

**TABEL 20 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
ANTEFLEXIEPENDELING EN EXTENSIEPENDELING
BIJ ACTIEF EN PASSIEF BEWEGEN
GEMIDDELDE AFSTAND TUSSEN HET FE-CENTRUM
EN HET DEELTRAJECTCENTRUM (in mm.)**

	C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
ANTEFLEXIE					
ACTIEF	5.93	4.32	4.80	3.17	2.14
PASSIEF	4.94	2.86	3.36	2.02	2.26
EXTENSIE					
ACTIEF	3.27	1.67	1.58	1.88	3.04
PASSIEF	2.37	1.71	1.30	1.44	3.33

Opvallend is de totale afwezigheid van pendelen bij de segmenten C3/4, C4/5 en C5/6. Bij actieve extensie bij segment C6/7 kan ook geen significante pendeling worden aangetoond, in individuele gevallen komt het echter wel voor.

DEELTRAJECTBEWEGINGSCENTRA BIJ ACTIEF EN PASSIEF BEWEGEN

Een significant liggingsverschil tussen het actieve en passieve bewegingscentrum is aantoonbaar bij anteflexie bij C2/3, C3/4 en C4/5 en bij extensie bij C6/7. De actieve en passieve extensiecentra bij de segmenten C4/5 en C5/6 vallen steeds samen, bij C3/4 doorgaans ook.

De gemiddelde afstand tussen het actieve en passieve deeltrajectcentrum is per segment vermeld in tabel 21. Voor individuele GCR-waarden, verkregen bij clusteranalyse van beide centra, zie tabel B - 6.

TABEL 21 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
GEMIDDELDE AFSTAND TUSSEN ACTIEF EN PASSIEF
DEELTRAJECTCENTRUM (in mm.)
(NF-A en NF-P / NE-A en NE-P)

	C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
ANTEFLEXIECENTRA	5.12	4.24	5.04	2.69	1.98
EXTENSIECENTRA	3.33	2.29	1.56	1.98	3.23

V.2 PENDELPATRONEN

De ligging van elk bewegingscentrum in de standaardwervel wordt bepaald uit het gemiddelde van de 9 personen van de M-serie. In tabel B - 7 zijn de X'- en Y'-coördinaten van de gemiddelde ligging van elk centrum, met spreidingswaarden, vermeld. Tabel B - 8 geeft ligging en spreiding van de overige centra bij herleiden van het actieve FE-centrum tot (0,0).

De pendelpatronen in de afbeeldingen zijn samengesteld door verbinding van de drie actieve en de drie passieve bewegingscentra onderling. Het FE-centrum is met twee lijnen verbonden met enerzijds het anteflexiecentrum, anderzijds het extensiecentrum. De lijnen geven slechts een beeld van de posities van de centra onderling; zij suggereren niet de werkelijke plaats te zijn waarlangs het bewegingscentrum zich verplaatst.

Het pendelpatroon van C2/3

Het patroon is afgebeeld in figuur 10.

Het patroon is niet karakteristiek. Slechts het verschil in ligging van actief FE- en NF-centrum is significant.

Het pendelpatroon van C3/4

Het patroon is afgebeeld in figuur 11.

Het patroon is niet karakteristiek; geen significante verschillen in ligging van de bewegingscentra zijn aantoonbaar.

Wel bestaat een sterke tendens tot craniaalwaartse verplaatsing bij actieve anteflexie (treedt op bij 7 van de 9 personen).

Het passieve NE-centrum ligt bij 6 van de 9 personen craniaal van het FE-centrum.

Het pendelpatroon C4/5

Het patroon is afgebeeld in figuur 12.

Er bestaat een sterk significante craniaalwaartse verplaatsing van het bewegingscentrum bij anteflexie, zowel bij actief als passief bewegen.

Bij actieve anteflexie bestaat tevens de neiging tot geringe ventraalwaartse verplaatsing (bij 7 van de 9 personen aanwezig).

Geen liggingsverschil is aantoonbaar tussen FE- en NE-centra.

Het pendelpatroon C5/6

Het patroon is afgebeeld in figuur 13.

Het segment C5/6 vertoont de geringste pendeling. Slechts bij actieve anteflexie is sprake van aantoonbare pendeling.

De richting ervan is overwegend ventraalwaarts, in lichte mate ook craniaalwaarts. De ventraalwaartse verplaatsing wordt bij 8 van de 9 personen gezien; bij 7 personen ook de craniaalwaartse tendens.

Het passieve anteflexiecentrum en de beide extensiecentra hebben geen aantoonbaar verschil in ligging in vergelijking tot het FE-centrum.

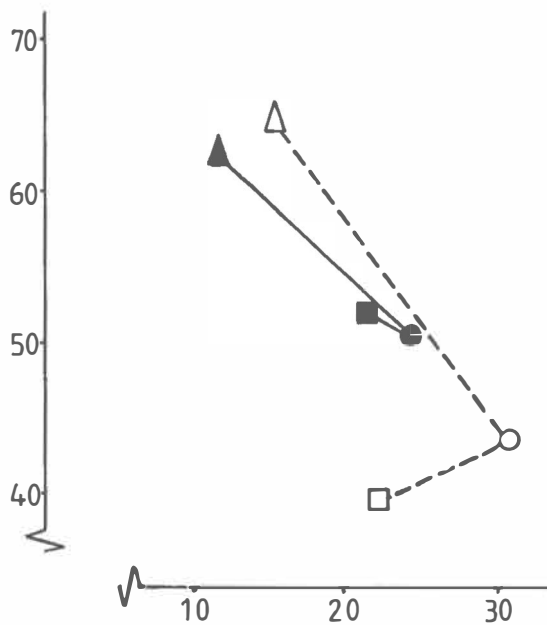
Het pendelpatroon van C6/7

Het patroon is afgebeeld in figuur 14.

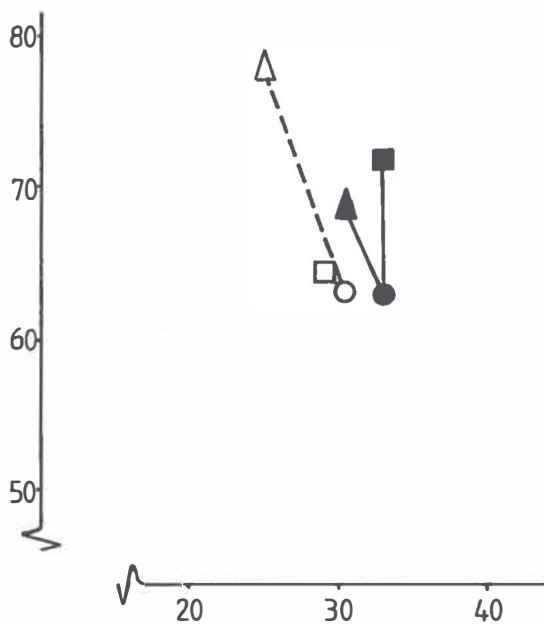
Kan op basis van de afstand tussen de bewegingscentra slechts bij passieve extensie pendeling worden aangetoond, nu, op basis van de gemiddelde ligging der bewegingscentra in de standaardwervel, blijkt een vrij karakteristiek beeld te ontstaan.

Er bestaat een sterke tendens tot craniaalwaarts verplaatsen van het bewegingscentrum bij anteflexie, zowel bij actief als passief bewegen. Een verschil in ligging van actief en passief anteflexiecentrum is niet aantoonbaar.

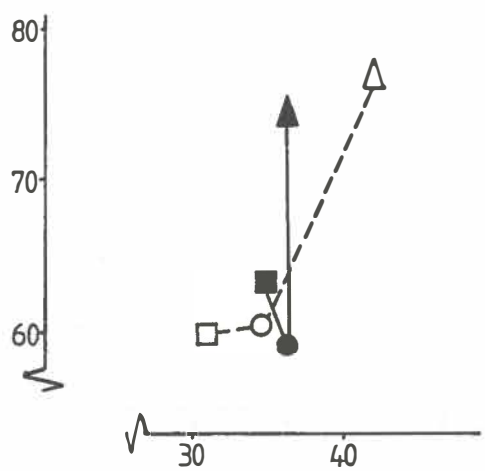
FIGUUR 10 PENDELPATROON C 2/3



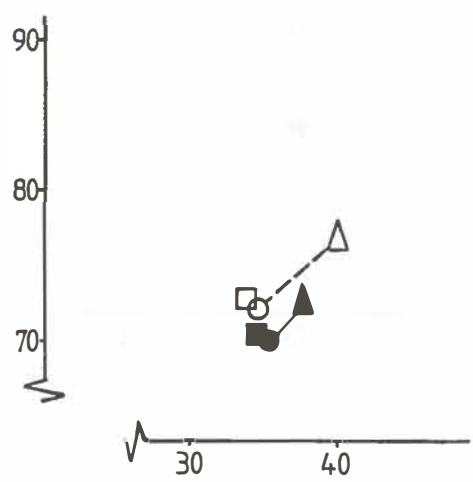
FIGUUR 11 PENDELPATROON C 3/4



FIGUUR 12 PENDELPATROON C 4/5



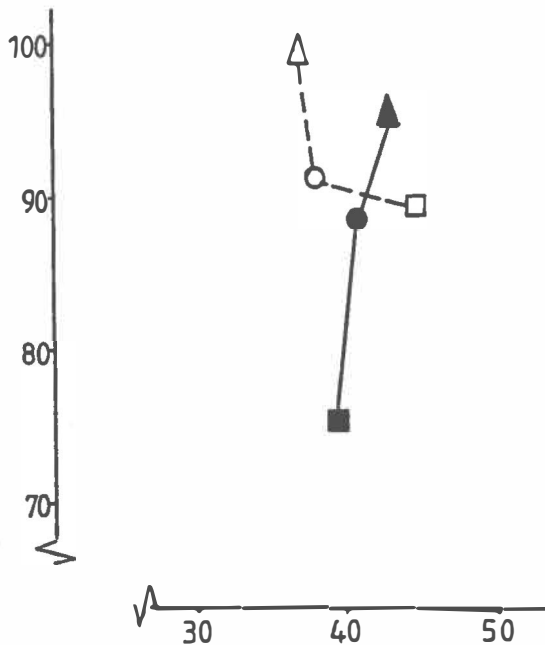
FIGUUR 13 PENDELPATROON C 5/6



Treedt bij actieve extensie een verplaatsing van het bewegingscentrum naar ventraal op, bij passieve extensie bestaat juist een sterke caudaalwaartse verplaatsing. Niveauverschil tussen actief en passief extensiecentrum is aantoonbaar.

Dat het pendelpatroon van C6/7 redelijk constant van richting is, valt ook op te maken uit het geringe verschil dat bestaat tussen de gemiddelde afstanden tussen de bewegingscentra (pendelgrootte) en de afstand welke hiervan overblijft in de standaardwervel. Gemiddeld is nog 72% van deze gemiddelde afstand over in de standaardwervel.

FIGUUR 14 PENDELPATROON C 6/7



V.3 ROTATOIRE MOBILITEIT

Rotatoire mobiliteit en geslacht en leeftijd

Bij ouder worden neemt de segmentale rotatoire mobiliteit af. Het verschil bij 22- en 41-jarigen is significant ($p < 0.01$) bij C2/3, C3/4 en C4/5. Bij C5/6 is het verschil minder sterk ($p < 0.06$), bij segment C6/7 slechts gering. Er bestaat daarbij geen geslachtsverschil, behalve bij C2/3. Daar wordt bij 22-jarige vrouwen in vergelijking met mannen een significant grotere mobiliteit gevonden. De mobiliteitsafname bij ouder worden is bij dit segment nauwelijks aanwezig bij mannen, en uitgesproken bij vrouwen. Tabel 22 geeft een overzicht van de gemiddelde segmentale mobiliteit per serie (zie voor spreidingswaarden tabel B - 9).

TABEL 22 NORMALE PROEFPERSONEN
ACTIEVE ROTATOIRE MOBILITEIT
(gemiddelde waarden per segment in graden)

	M SERIE	V SERIE	22 JARIGEN	OM SERIE	OV SERIE	41 JARIGEN
C2/3	11.2	14.2	12.6	10.8	9.4	10.1
C3/4	17.2	16.6	16.9	15.4	13.4	14.4
C4/5	20.1	19.6	19.9	16.6	16.2	16.4
C5/6	20.2	21.5	20.8	18.7	19.5	19.1
C6/7	17.4	17.4	17.4	16.2	16.8	16.5
C2/7	86.1	89.3	87.6	77.7	75.3	76.5

Rotatoire mobiliteit bij actief en passief bewegen

Bij passief bewegen treedt slechts een geringe toename op van de rotatoire mobiliteit. Deze bedraagt gemiddeld 1.5° .

Tabel 23 geeft een overzicht van de gemiddelde actieve en passieve rotatoire mobiliteit per segment.

TABEL 23 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
ROTATOIRE MOBILITEIT (in graden)
VERSCHIL BIJ ACTIEF EN PASSIEF BEWEGEN

	ACTIEF	PASSIEF	VERSCHIL
C2/3	11.2	12.8	1.6 (sd.0.9)
C3/4	17.2	19.1	1.9 (sd.1.8)
C4/5	20.1	21.1	1.0 (sd.1.9)
C5/6	20.2	21.4	1.2 (sd.1.0)
C6/7	17.4	19.2	1.8 (sd.2.3)

In individuele gevallen is bijna steeds sprake van toename van de segmentale mobiliteit bij passief bewegen. Driemaal komt een toename van 4^0 voor, en eenmaal (bij C6/7) 6^0 . In vier gevallen wordt een afname gezien (resp. -1^0 (2x), -2^0 en -3^0). Doorgaans (bij 15 van de 45 segmenten) bedraagt de toename 1^0 .

Rotatoire mobiliteit bij anteflexie en extensie

De verdeling van de totale rotatoire mobiliteit over anteflexie en extensie is niet bij alle segmenten hetzelfde.

Tabel 24 laat de rotatoire mobiliteit bij anteflexie en extensie per segment zien (voor C6/7 extensie zie ook tabel B - 3).

De segmenten C2/3, C3/4 en C4/5 dragen ongeveer 2/3 deel van hun totale mobiliteit bij aan de extensie, slechts 1/3 deel aan de anteflexie. Juist het omgekeerde is te zien bij C6/7. Geanteflecteerd wordt vooral door C6/7 (zorgt voor bijna 1/3 deel van de totale beweging), en in mindere mate door C5/6. De extensie wordt voor 75% "verzorgd" door C3/4, C4/5 en C5/6.

TABEL 24 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
ROTATOIRE MOBILITEIT (graden)
ACTIEVE ANTEFLEXIE EN EXTENSIE

	ANTEFLEXIE	EXTENSIE
C2/3	3.7	6.7
C3/4	5.6	11.3
C4/5	6.3	13.6
C5/6	8.6	11.7
C6/7	11.3	5.8
totaal	35.5	49.1

TABEL 25 NORMALE PROEFPERSONEN
ACTIEVE TRANSLATOIRE MOBILITEIT
(gem. waarden per segment in mm.)

	22-JARIGEN		41-JARIGEN	
	MANNEN	VROUWEN	MANNEN	VROUWEN
C3/4	4.0	4.3	4.6	3.6
C4/5	4.7	4.6	4.3	4.1
C5/6	4.1	4.0	3.9	4.2
C6/7	2.7	2.8	2.8	2.9

V.4 TRANSLATOIRE MOBILITEIT

Het segment C2/3 is niet in het onderzoek betrokken.

Translatoire mobiliteit en geslacht en leeftijd

De segmentale translatoire mobiliteit bij actief bewegen bedraagt bij de segmenten C3/4, C4/5 en C5/6 plm. 4 tot 4.5 mm. Het segment C6/7 heeft met bijna 3 mm. een geringere translatiemogelijkheid. Afnemen van de mobiliteit bij ouder worden is niet te constateren bij C5/6 en C6/7; wel in lichte mate bij C4/5. Het segment C3/4 gedraagt zich afwijkend.

Tabel 25 geeft een beeld van de segmentale translatoire mobiliteit bij 22- en 41-jarige mannen en vrouwen; spreidingswaarden zijn vermeld in tabel B - 10.

Bij C3/4 treedt verschil op tussen mannen en vrouwen. Bij 41-jarigen bestaat tussen mannen en vrouwen een significant verschil ($p < 0.01$), daar bij vrouwen een daling van de beweeglijkheid optreedt in vergelijking met 22-jarigen ($p < 0.05$) en bij mannen een stijging. Deze stijging bij mannen is slechts significant ($p < 0.05$), indien uitbijter OM-8 verwijderd is. De actieve translaties bij de OM-serie C3/4-mannen zijn:

OM-1: 4.92 OM-2: 4.82 OM-3: 5.83 OM-4: 3.32

OM-5: 5.14 OM-6: 6.01 OM-7: 4.33 OM-8: 2.49

OM-9: 4.53 OM-10: 4.57

gemiddeld: 4.60 (sd.1.06)

gemiddeld zonder OM-8: 4.83 (sd.0.80)

Translatoire mobiliteit bij actief en passief bewegen

Bij passief bewegen neemt de translatie met gemiddeld 0.4 mm. toe.

In tabel 26 zijn de gemiddelde waarden van de actieve en passieve translatoire mobiliteit vermeld.

TABEL 26 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
TRANSLATOIRE MOBILITEIT BIJ
ACTIEF EN PASSIEF BEWEGEN
(gemiddelde waarden in mm.)

	ACTIEF	PASSIEF	VERSCHIL
C3/4	3.97	4.43	0.46
C4/5	4.67	4.99	0.32
C5/6	4.08	4.47	0.39
C6/7	2.68	3.09	0.41

Translatoire mobiliteit bij anteflexie en extensie

De deeltrajecttranslaties zijn berekend op basis van de ligging van de deeltrajectcentra.

Tabel 27 vermeldt de gemiddelde translatoire mobiliteit voor de deeltrajecten per segment.

TABEL 27 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
TRANSLATOIRE MOBILITEIT BIJ ACTIEVE
EN PASSIEVE ANTEFLEXIE EN EXTENSIE
(gemiddelde waarden in mm.)

	A N T E F L E X I E		E X T E N S I E	
	actief	passief	actief	passief
C3/4	1.1	1.5	2.5	2.5
C4/5	1.2	1.2	3.2	3.3
C5/6	1.6	1.8	2.3	2.5
C6/7	1.4	1.7	0.9	1.4

Bij anteflexie bestaat bij alle onderzochte segmenten een vrijwel overeenkomstige translatoire mobiliteit, bij C5/6 nog het grootst. Bij extensie is bij de segmenten C3/4, C4/5 en C5/6 de translatoire mobiliteit veel groter dan bij C6/7.

De toename bij passief bewegen is doorgaans gering: het grootst bij anteflexie C3/4 en extensie C6/7.

V.5 RELATIE TUSSEN BEWEGINGSCENTRUM EN MOBILITEIT BIJ OUDER WORDEN

Daling van de ligging van het bewegingscentrum en afname van mobiliteit zijn kenmerken welke bij ouder worden optreden bij alle segmenten. De mate waarin dit gebeurt, wisselt per segment.

Tabel 28 geeft een overzicht van de veranderingen welke bij ouder worden optreden (samenvatting uit de tabellen 11, 22, en 25).

Vier verschillende beelden zijn te onderscheiden.

1. De segmenten C6/7 bij mannen en vrouwen en C5/6 bij vrouwen vertonen een sterke overeenkomst: daling van de ligging van het bewegingscentrum met afname van de rotatoire mobiliteit en een vrijwel constant blijvende translatoire mobiliteit.
2. Ook een sterke overeenkomst is te zien bij C4/5 bij mannen en vrouwen en C3/4 bij vrouwen: daling van het bewegingscentrum met afname van zowel rotatoire als translatoire mobiliteit.
3. Het segment C5/6 bij mannen laat bij ouder worden slechts geringe veranderingen zien, waarbij de afname van de rotatoire mobiliteit nog het duidelijkst is.
4. Het segment C3/4 bij mannen gedraagt zich sterk afwijkend van de overige: een sterke daling van het bewegingscentrum gaat samen met een sterke toename van de translatoire mobiliteit.

TABEL 28 NORMALE PROEFPERSONEN
LEEFTIJD, ROTATOIRE EN TRANSLATOIRE MOBILITEIT
EN NIVEAU VAN HET BEWEGINGSCENTRUM
GEMIDDELDE WAARDEN BIJ 22- EN 41-jarigen
("22" en "41") (in resp. graden, mm. en Y'%)
*** = significant verschil**

	ROTATIE		TRANSLATIE		BC-LIGGING	
	22	41	22	41	22	41
C3/4						
MANNEN	17.2	15.4*	4.0	4.6*	63.5	44.6*
VROUWEN	16.6	13.4*	4.3	3.6*	49.5	41.9*
C4/5						
MANNEN	20.1	16.6*	4.7	4.3	61.0	52.2*
VROUWEN	19.6	16.2*	4.6	4.1	56.2	45.5*
C5/6						
MANNEN	20.2	18.7	4.1	3.9	72.6	71.1
VROUWEN	21.5	19.5	4.0	4.2	73.2	61.0*
C6/7						
MANNEN	17.4	16.2	2.7	2.8	91.1	86.7
VROUWEN	17.4	16.8	2.8	2.9	86.6	80.4

V.6 CONCLUSIE

De ligging van het bewegingscentrum voor flexie/extensie bij passief bewegen is doorgaans dezelfde als die bij actief bewegen.

Bij de drie onderste segmenten vallen beide centra vrijwel steeds samen, terwijl er bij C3/4 soms en C2/3 vaak sprake kan zijn van verschil van ligging. Het centrum bij actief bewegen heeft een ligging welke overeenkomstig is met de bevindingen van Penning [64]. Bij elk cervicaal bewegingssegment ligt het centrum in het onderste wervellichaam. Daarbij wordt tevens gevonden, dat bij meer caudaal gelegen segmenten het bewegingscentrum hoger in het wervellichaam ligt. Dit niveauverschil is sterk gerelateerd aan de anatomische stand van het facetgewricht.

Het bewegingscentrum bij actief bewegen heeft bij vrouwen een lagere ligging dan bij mannen.

De segmentale bewegingscentra bij actief zowel als passief bewegen hebben tijdens de beweging niet steeds een vaste ligging. Er kan sprake zijn van pendeling.

De pendeling is kleiner bij meer caudaal gelegen segmenten. Bij actief bewegen is sprake van een grotere pendeling dan bij passief bewegen, behalve bij C6/7.

Bij extensie, zowel actief als passief, treedt bij de segmenten C3/4, C4/5 en C5/6 geen pendeling op. Dit is tevens het geval bij passieve anteflexie bij het segment C5/6.

De richting van de pendeling is bij de segmenten C2/3 en C3/4 sterk variabel, hoewel een sterke tendens bestaat tot craniaalwaartse verplaatsing van het bewegingscentrum bij actieve anteflexie.

Bij het segment C4/5 bestaat een vrij sterke craniaalwaartse verplaatsing van het bewegingscentrum bij zowel actieve als passieve anteflexie. Het segment C5/6 vertoont de geringste pendeling. Slechts bij actieve anteflexie verplaatst het bewegingscentrum zich ventraalwaarts.

Bij het segment C6/7 bestaat bij anteflexie een craniaalwaartse pendeling. Bij actieve en passieve extensie treedt richtingsverschil op: bij actieve extensie verplaatst het bewegingscentrum zich ventraalwaarts, bij passieve extensie treedt een sterke caudaalwaartse verplaatsing op.

Bij alle segmenten wordt bij ouderen een lagere ligging van het bewegingscentrum gevonden. Dit is het meest uitgesproken bij de meer craniaal gelegen segmenten.

Dit gaat samen met een afname van de rotatoire mobiliteit. De translatoire mobiliteit evenwel vertoont niet steeds afname: bij segment C3/4 bij mannen bestaat een afwijkend beeld met toename van de translatie.

HOOFDSTUK VI

DISCUSVERSMALLING C 5/6

VI.1 SEGMENT C5/6 - BEWEGINGSCENTRA EN PENDELING

HET BEWEGINGSCENTRUM BIJ ACTIEF BEWEGEN

De ligging van het bewegingscentrum C5/6 bij actief bewegen is bij versmalling van de discus veranderd. De wijze waarop de ligging wijzigt, is afhankelijk van het bestaan van klachten.

Bij de groep "discusversmalling zonder klachten" (DZ-serie) is sprake van een liggingsniveau van het bewegingscentrum dat overeenkomt met dat van 22-jarigen. De normaal bij ouderen bestaande lagere ligging is afwezig.

Bij de groep "discusversmalling met klachten" (DM-serie) wordt wel degelijk een lagere ligging van het bewegingscentrum aangetroffen, zelfs in iets sterkere mate. Bovendien valt hier een ventraal-waartse ligging van het centrum waar te nemen.

In tabel 29 zijn de coördinaten in de standaardwervel van de gemiddelde ligging van de bewegingscentra bij discusversmalling weergegeven. Bovendien ter vergelijking die van normale proefpersonen. De afzonderlijke coördinaten per persoon zijn vermeld in tabel B - 11.

Het onderlinge verschil tussen de DZ- en DM-serie is zowel voor de X'- als Y'-coördinaat significant ($p < 0.02$ resp. $p < 0.05$). Dit geldt ook voor het niveauverschil tussen de vrouwen van de DZ-serie en normale leeftijdsgenoten ($p < 0.05$).

De meer ventrale ligging van de actieve bewegingscentra bij de DM-serie is in vergelijking met normale leeftijdsgenoten sterker significant bij mannen dan bij vrouwen ($p < 0.01$ resp. $p < 0.08$).

**TABEL 29 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
GEMIDDELDE LIGGING VAN HET BEWEGINGSCENTRUM C5/6
BIJ ACTIEF BEWEGEN (in de standaardwervel)
subgroepen naar vergelijkbare leeftijd
() = leeftijd**

NORMALE PROEFPERSONEN			PERSONEN MET DISCUSVERSMALLING			
			ZONDER KLACHTEN		MET KLACHTEN	
	X'	Y'		X'	Y'	
			DZ	33.4	72.4	DM 43.4 57.4
V (22)	38.3	73.2				
OV (41)	35.0	61.0				DMV (41) 42.0 53.2
OVO (46)	34.9	57.2	DZV (48)	32.9	73.6	
OM (41)	35.3	71.1				DMM (39) 47.9 71.5
OMO (46)	34.8	70.3	DZM (60)	36.9	64.6	

SEGMENT C5/6 -

HET BEWEGINGSCENTRUM BIJ PASSIEF BEWEGEN

De ligging van het passieve bewegingscentrum komt bij de DZ-serie volledig overeen met dat van het actieve bewegingscentrum.

Bij de DM-serie is dit ook het geval voor wat betreft het niveau van het bewegingscentrum. De meer ventrale ligging van het actieve centrum wordt bij passief bewegen niet gezien. Derhalve hebben bij de DM-serie actief en passief centrum een van elkaar afwijkende ligging.

Tabel 30 geeft een overzicht van de gemiddelde ligging van het passieve bewegingscentrum in de standaardwervel bij de beide series discusversmalling (met subgroepen). Ter vergelijking zijn de centra bij actief bewegen tevens vermeld.

Tabel B - 11 vermeldt de coördinaten van de passieve centra van alle personen van de DM-serie.

Alle actieve en passieve bewegingscentra van de DM-serie zijn weergegeven in figuur 15. Een meer ventrale ligging van het actieve bewegingscentrum in vergelijking tot het passieve centrum is bij 11 van de 13 personen zichtbaar.

De afstand tussen het actieve en het passieve bewegingscentrum van de DM-serie is significant groter dan bij de DZ-serie ($p < 0.05$). De afstand tussen beide centra bij de DZ-serie komt volledig overeen met die bij normale proefpersonen.

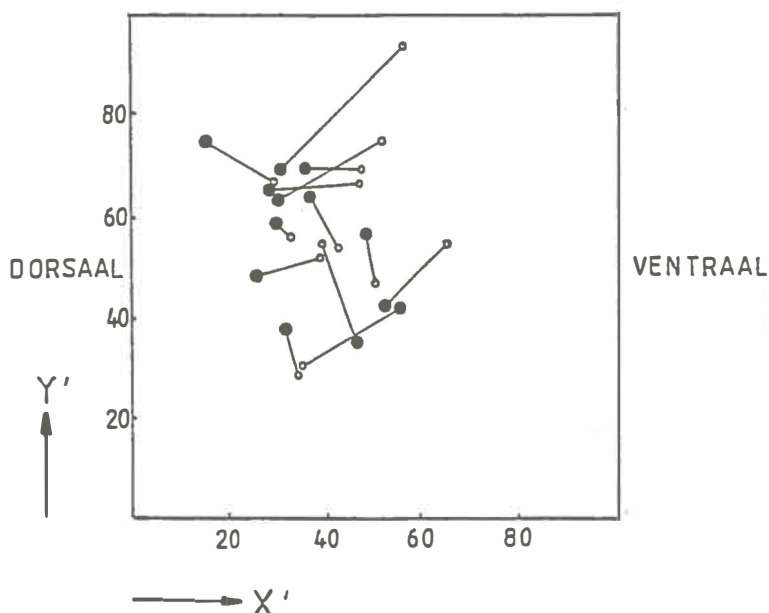
De gemiddelde afstand tussen beide centra bij de drie series is vermeld in tabel 31. Tabel B - 11 vermeldt de afstand per persoon, en bovendien de GCR-waarden welke bij clusteranalyse van actief en passief centrum ontstaan.

TABEL 30 DISCUSVERSMALLING
GEMIDDELDE LIGGING VAN HET ACTIEVE
EN PASSIEVE BEWEGINGSCENTRUM C5/6

	A C T I E F		P A S S I E F	
	X'	Y'	X'	Y'
DZ-SERIE	33.4	72.4	36.7	69.3
DZV	32.9	73.6	36.7	69.5
DZ-6(M)	36.9	64.0	36.1	68.0
DM-SERIE	43.4	57.4	35.4	56.3
DMV	42.0	53.2	36.7	53.0
DMM	47.9	71.5	31.3	67.3

FIGUUR 15 DM-SERIE

ALLE ACTIEVE (○) EN PASSIEVE (●)
BEWEGINGSCENTRA

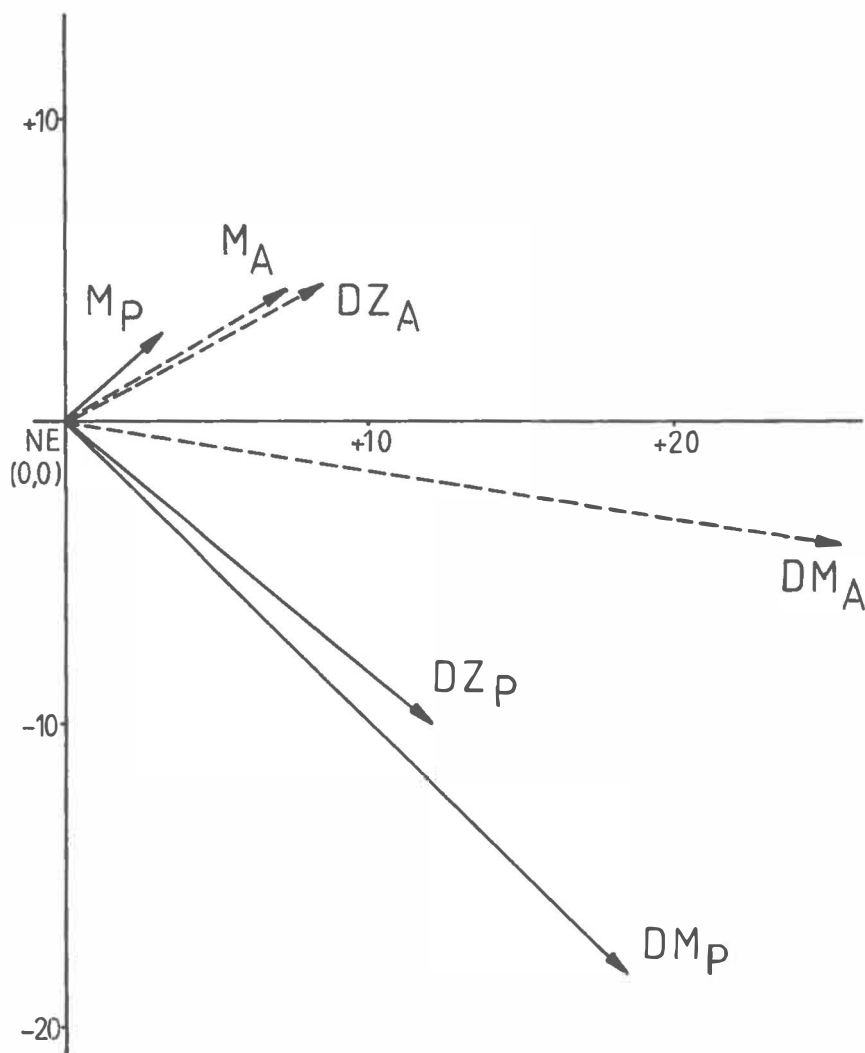


TABEL 31 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
GEMIDDELDE AFSTAND TUSSEN ACTIEF EN PASSIEF BC
EN PENDELGROOTTE BIJ ACTIEF EN PASSIEF BEWEGEN
(in mm.)(sd.-waarden tussen haakjes)

	M	DZ	DM
AFSTAND TUSSEN ACTIEF EN PASSIEF CENTRUM			
FE-A <---> FE-P	1.9 (0.7)	1.9 (1.1)	3.3 (1.7)
NF-A <---> NF-P	2.7 (1.6)	3.9 (3.6)	4.8 (4.2)
NE-A <---> NE-P	2.0 (1.0)	1.7 (0.9)	3.8 (2.0)
PENDELGROOTTE			
totale traject			
NE - NF ACTIEF	4.2 (2.0)	5.2 (2.1)	7.5 (6.4)
PASSIEF	2.7 (1.7)	6.6 (3.0)	7.3 (4.1)
anteflexie			
FE - NF ACTIEF	3.2 (1.2)	3.5 (3.3)	4.9 (4.2)
PASSIEF	2.0 (1.0)	3.6 (3.1)	3.8 (2.5)
extensie			
FE - NE ACTIEF	1.9 (1.0)	2.9 (2.0)	3.1 (2.9)
PASSIEF	1.4 (1.0)	3.9 (1.3)	4.3 (2.3)

FIGUUR 16

HERLEIDE BEWEGINGSCENTRA C5/6
PENDELEN VAN EXTENSIE (0,0)
NAAR ANTEFLEXIE



SEGMENT C5/6 -

AFSTAND TUSSEN DE ACTIEVE EN PASSIEVE DEELTRAJECTBEWEGINGSCENTRA

De afstand tussen de actieve en passieve anteflexiecentra is bij discusversmalling groter dan normaal, echter niet significant in vergelijking met normale proefpersonen. Dit is wel het geval ($p < 0.05$) in vergelijking met de herhalingsfout (tabel 6, groep I). De ligging van beide centra is verschillend van elkaar. Tabel 31 vermeldt de gemiddelde afstand tussen beide centra en de spreiding.

De ligging van de actieve en passieve extensiecentra is bij de DZ-serie, evenals bij normale proefpersonen, niet aantoonbaar van elkaar afwijkend (beide centra vallen dus samen). Bij de DM-serie blijken de beide centra doorgaans wel een verschillende ligging te hebben. De gemiddelde afstand tussen de beide extensiecentra van de DM-serie is significant ($p < 0.02$) groter dan normaal en dan bij de DZ-serie.

Tabel 31 vermeldt de gemiddelde afstand tussen beide centra en de spreiding, tabel B - 12 vermeldt de individuele waarden van de beide D-series.

SEGMENT C5/6 -

PENDELEN VAN HET BEWEGINGSCENTRUM TIJDENS HET GEHELE BEWEGINGSTRAJECT

Bij versmalling van de discus C5/6 bestaat een sterke toename van de verplaatsing van het bewegingscentrum. Het al of niet bestaan van klachten maakt daarbij geen verschil. De toename treedt vooral op bij passief bewegen en is, in vergelijking met normale proefpersonen, significant ($p < 0.01$).

In tabel 31 is de gemiddelde pendelgrootte bij actief en passief bewegen van de verschillende series en de spreiding vermeld.

De richting van de verplaatsing van het bewegingscentrum wijzigt zich tevens.

Figuur 16 geeft een beeld van de pendelrichtingen.

De richting wordt bepaald in de standaardwervel door verbinding van het NE- met het NF-centrum. In de figuur is in de oorsprong van het coördinatenstelsel het NE-centrum geplaatst terwijl de pijl de verbindingslijn met het NF-centrum voorstelt.

De grootte van de pijl komt overeen met de verplaatsing (in %) in de standaardwervel.

Gemiddelde waarde en spreiding van de NF-centra, berekend t.o.v. het NE-centrum (0,0), zijn vermeld in tabel B - 13.

Bij normale proefpersonen bestaat een kleine, ventrocraniaal-waartse verplaatsing. Bij actief bewegen bij de DZ-serie is eveneens een dergelijke verplaatsing te zien. Bij passief bewegen bij de DZ-serie, en bij zowel actief als passief bewegen bij de DM-serie, treedt een grotere, ventrocaudaalwaarts gerichte verplaatsing op.

Het niveauverschil tussen de beide passieve NF-centra van M- en DM-serie is significant ($p < 0.02$); tussen het actieve NF-centrum

van de DZ-serie en het passieve NF-centrum van de DM-serie bijna significant ($p < 0.06$).

De meer ventraalwaartse ligging van de actieve en passieve NF-centra van de DM-serie t.o.v. de M-serie zijn slechts zwakke tendensen ($p < 0.09$ resp. $p < 0.11$).

SEGMENT C5/6 -

PENDELEN VAN HET BEWEGINGSCENTRUM BIJ ANTEFLEXIE

Bij versmalling van de discus C5/6 treedt bij anteflexie een toename van de verplaatsing van het bewegingscentrum op. De toename bij passieve anteflexie bij de DM-serie is in vergelijking met normale proefpersonen significant.

De gemiddelde verplaatsing van het bewegingscentrum bij anteflexie staat vermeld in tabel 31.

In figuur 17 zijn de anteflexiependelingen afgebeeld. De richting ervan varieert van vrijwel craniaal (bij actieve anteflexie bij de DZ-serie) tot ventrocaudaal (passieve anteflexie bij de DM-serie). Meer ventraal cq. ventrocaudaal gericht is de pendeling bij de DM- in vergelijking met de DZ-serie, en bij passief in vergelijking met actief bewegen.

De afbeelding is gerealiseerd op een zodanige wijze in het coördinatenstelsel (afgeleid van de standaardwervel), dat de gemiddelde ligging van het anteflexiecentrum bepaald is t.o.v. het in de oorsprong (met X'- en Y'-coördinaat 0,0) geplaatste FE-centrum. Hierdoor is het niveauverschil van het FE-centrum, zowel binnen elke serie als tussen de DZ- en de DM-serie, alsmede de ventraalwaartse verplaatsing van het actieve FE-centrum bij de DM-serie t.o.v. het passieve centrum geëlimineerd. In tabel B - 14 zijn de coördinaten met spreidingswaarden van alle herleide NF-centra weergegeven.

Significante verschillen tussen de centra zijn slechts aantoonbaar qua hoogteverschil tussen het actieve DZ-anteflexiecentrum en het passieve DM-anteflexiecentrum ($p < 0.05$), en qua meer ventraalwaartse ligging van het actieve DM-anteflexiecentrum t.o.v. het passieve ($p < 0.01$).

SEGMENT C5/6 -

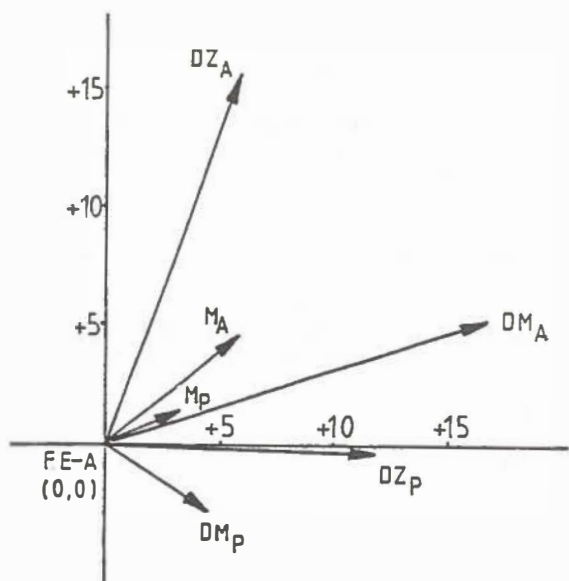
PENDELEN VAN HET BEWEGINGSCENTRUM BIJ EXTENSIE

Tijdens extenderen treedt bij versmalling van de discus C5/6 een duidelijke verplaatsing op van het bewegingscentrum in vergelijking met de ligging van het FE-centrum. Bij actief bewegen is deze verplaatsing gering. Bij passief bewegen bestaat bij zowel de DZ- als de DM-serie in vergelijking met normale proefpersonen een sterk significante verplaatsing ($p < 0.002$).

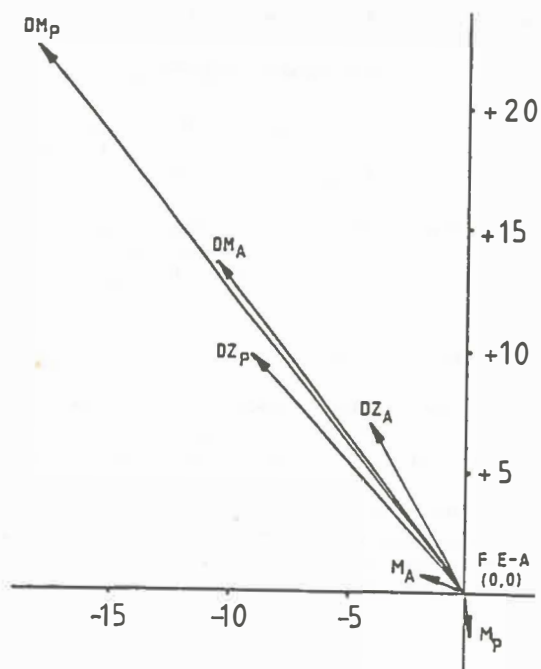
De gemiddelde verplaatsing van het bewegingscentrum bij extensie staat vermeld in tabel 31.

De extensiependeling is afgebeeld in figuur 18.

FIGUUR 17 ANTEFLEXIEPENDELINGEN C 5/6



FIGUUR 18 EXTENSIEPENDELINGEN C 5/6



De richting van de extensiependeling is steeds dorsocraniaalwaarts (maakt een hoek van 35° á 40° met de negatieve Y'-as, vrijwel loodrecht naar het facetgewricht toe).

Ook nu is de ligging van de extensiecentra bepaald t.o.v. het in de oorsprong van het coördinatenstelsel geplaatste FE-centrum.

De coördinaten met spreidingswaarden van alle NE-centra bij vergelijking met FE (0,0) staan vermeld in tabel B - 14.

VI.2 SEGMENT C5/6 - PENDELPATRONEN

Alle pendelpatronen zijn afgebeeld in figuur 19.

Ook nu weer dient gesteld te worden dat de patronen slechts gevormd zijn door verbinding van FE-centrum met beide deeltrajectcentra. Zij zeggen niets omtrent hetgeen zich in werkelijkheid met het bewegingscentrum afspeelt.

Ligging en spreiding van alle bewegingscentra is vermeld in de tabellen B - 7, B - 11 en B - 15.

Opvallend is het lager liggen van de DM-patronen in vergelijking met de DZ-patronen. Ook valt op, dat het actieve DM-patroon een meer ventrale ligging heeft. Het meest opmerkelijke van de afbeelding is het dicht bij elkaar liggen van alle extensiecentra, terwijl de anteflexiecentra uitgewaaierd verspreid liggen.

Alle patronen hebben een V-vorm, met een redelijke constante hoek tussen beide V-benen (m.u.v. DZ-actief).

De hoeken zijn:

$M_A:122^{\circ}$, $M_P:86^{\circ}$, $DZ_A:47^{\circ}$, $DZ_P:113^{\circ}$, $DM_A:118^{\circ}$ en $DM_P:119^{\circ}$.

VI.3 OVERIGE SEGMENTEN - BEWEGINGSCENTRA EN PENDELING

LIGGING VAN ACTIEVE EN PASSIEVE BEWEGINGSCENTRA

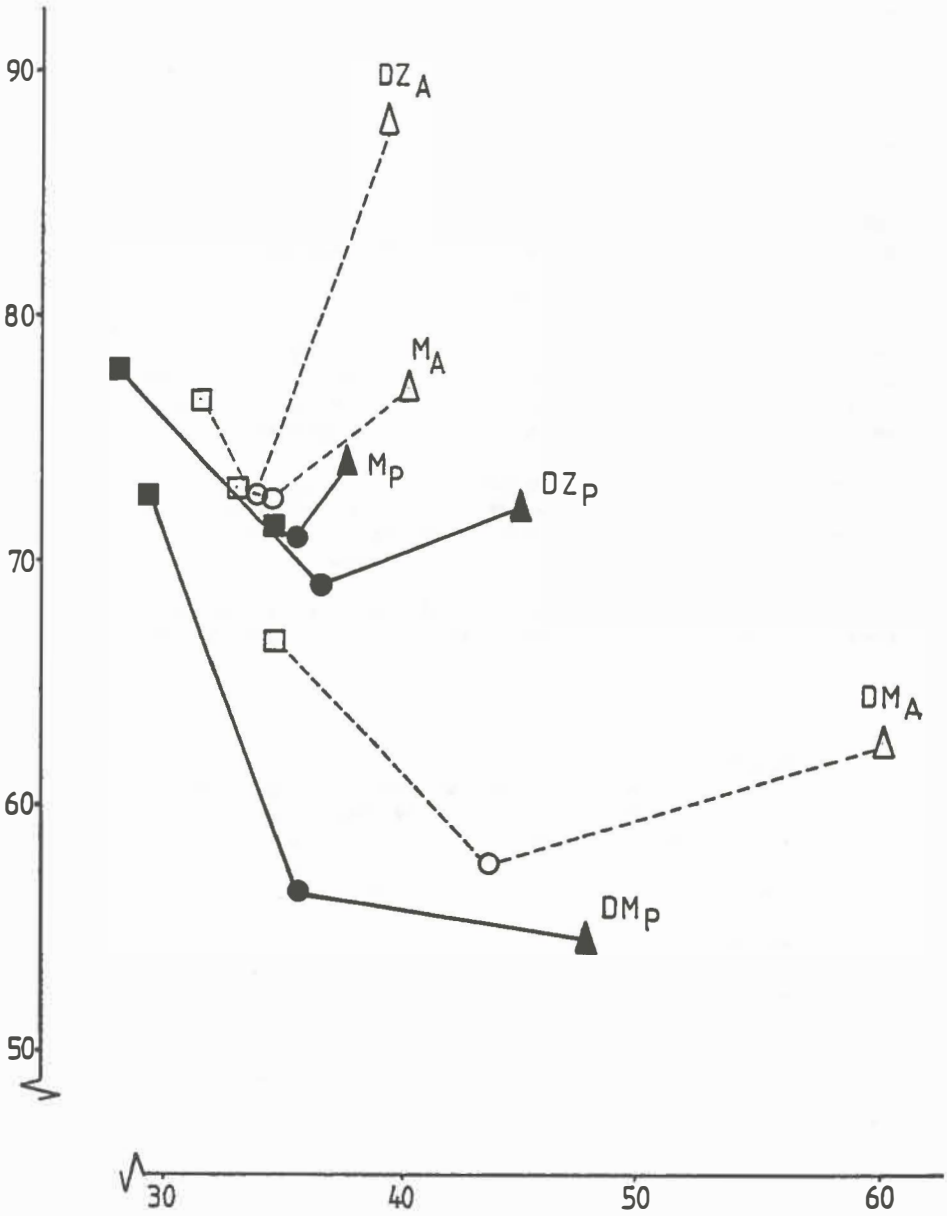
Bij een versmalde discus C5/6 is sprake van afwijkende liggingen van de bewegingscentra bij de overige segmenten. Het maakt daarbij verschil of de discusversmalling al dan niet met klachten gepaard gaat.

In tabel 32 zijn de gemiddelde X'- en Y'-coördinaat van de actieve en passieve bewegingscentra van alle segmenten bij de diverse series en subseries vermeld. Tabel B - 16 vermeldt tevens de spreidingswaarden.

Het niveau van het bewegingscentrum

Verschil met betrekking tot het niveau van het bewegingscentrum treedt op bij de DZ-serie. Heeft het bewegingscentrum van segment C5/6 daar een ligging hoger dan leeftijdsgenoten, bij alle overige segmenten bestaat bij zowel actief als passief bewegen eveneens een te hoge ligging; bij het segment C4/5 significant ($p < 0.05$). Indien de discusversmalling C5/6 met klachten gepaard gaat (DM), wordt bij de overige segmenten een volledig normale hoogteligging van het actieve en passieve bewegingscentrum gevonden.

FIGUUR 19 PENDELPATRONEN C 5/6



De voor-/achterwaartse ligging van het bewegingscentrum

Steeds treedt bij een versmalde discus C5/6, onafhankelijk van het al of niet bestaan van klachten, een ventraalwaartse verplaatsing van het bewegingscentrum op bij de overige segmenten.

De ventraalwaartse verplaatsing is bij de DZ-serie sterker bij de segmenten boven C5/6 (vooral bij actief bewegen), terwijl bij de DM-serie juist een sterke ventraalwaartse verplaatsing bestaat bij C6/7 (vooral bij passief bewegen).

Bij de DZ-serie treedt een significante verplaatsing ($p < 0.05$) op bij actief bewegen bij de segmenten C2/3 en C4/5; bij actief zowel als passief bewegen bij C3/4.

Bij de DM-serie is de ventraalwaartse verplaatsing bij passief bewegen bij segment C6/7 significant (bij vrouwen $p < 0.01$; bij mannen $p < 0.06$).

OVERIGE SEGMENTEN -

DE AFSTAND TUSSEN HET ACTIEVE EN PASSIEVE BEWEGINGSCENTRUM

Bestaat er bij de DM-serie bij segment C5/6 een grotere afstand tussen het actieve en passieve bewegingscentrum, bij de overige segmenten lijkt hiervan geen sprake. Toch bestaat er een duidelijke tendens tot vergroting van de afstand tussen de beide centra bij de overige segmenten, met name in die gevallen, waarbij deze afstand bij segment C5/6 ook werkelijk groter is.

De DM-serie wordt hiertoe verdeeld in twee subgroepen:

- * de "DM-C5/6+"-serie (5 personen met een significant verschil tussen het actieve en passieve bewegingscentrum C5/6), en
- * de "DM-C5/6-"-serie (de overige 8 personen).

Tabel 33 geeft een beeld van de gemiddelde afstand tussen de beide centra bij alle segmenten. De verschillen zijn niet significant.

TABEL 33 NORMALE EN VERSMALDE DISCUS
GEMIDDELDE AFSTAND TUSSEN HET ACTIEVE EN
PASSIEVE BEWEGINGSCENTRUM (in mm.)

	C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
M-SERIE	2.8	1.6	1.5	1.9	1.8
DZ-SERIE	3.1	1.8	1.5	1.9	2.5
DM-SERIE	2.9	2.2	1.6	3.3	1.5
DM-C5/6+	3.6	2.7	1.9	4.6	1.8
DM-C5/6-	2.5	1.9	1.4	2.4	1.3

TABEL 32 NORMALE EN VERSMALDE DISCUS
(gemiddelde leeftijd tussen haakjes)

		GEMIDDELD NIVEAU VAN HET BEWEGINGSCENTRUM (Y')				
		C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
VROUWEN						
DZ (48)	ACTIEF	35.9	44.9	54.4	73.6	83.3
	PASSIEF	36.4	46.5	50.4	69.5	79.4
DM (41)	ACTIEF	23.1	37.7	43.1	53.2	88.3
	PASSIEF	21.3	39.2	50.0	53.0	83.9
V (22)	ACTIEF	34.2	49.5	56.2	73.2	86.6
OV (41)	ACTIEF	17.6	41.9	45.5	61.0	80.4
OVO (46)	ACTIEF	27.3	39.1	37.7	57.2	75.7
MANNEN						
DM (39)	ACTIEF	45.5	49.5	53.1	71.5	77.8
	PASSIEF	30.4	51.1	47.4	67.3	82.0
M (22)	ACTIEF	44.0	63.5	61.0	72.6	91.1
	PASSIEF	50.0	63.2	59.7	70.8	88.8
OM (41)	ACTIEF	41.2	44.6	52.2	71.1	86.7

		GEMIDDELD X'-COORDINAAT VAN HET BEWEGINGSCENTRUM				
		C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
VROUWEN						
DZ (48)	ACTIEF	35.6	36.5	36.8	32.9	42.2
	PASSIEF	21.6	35.4	35.6	36.7	37.6
DM (41)	ACTIEF	30.0	31.7	35.2	42.0	43.1
	PASSIEF	34.1	31.5	35.3	36.7	45.9
V (22)	ACTIEF	22.0	28.9	34.9	38.3	39.3
OV (41)	ACTIEF	26.6	32.0	31.9	35.0	39.0
OVO (46)	ACTIEF	20.6	29.9	34.6	34.9	38.3
MANNEN						
DM (39)	ACTIEF	32.1	36.1	39.5	47.9	48.6
	PASSIEF	28.9	31.2	36.2	31.3	49.4
M (22)	ACTIEF	30.8	30.3	34.8	34.3	37.2
	PASSIEF	23.4	32.4	36.2	35.3	40.0
OM (41)	ACTIEF	25.0	25.6	34.0	35.3	38.4

OVERIGE SEGMENTEN -

DE AFSTAND TUSSEN DE ACTIEVE EN PASSIEVE DEELTRAJECTCENTRA

Bleek de afstand tussen het actieve en passieve anteflexiecentrum bij discusversmalling C5/6 bij dit segment toegenomen (tabel 31), bij de overige segmenten is hiervan geen sprake.

De toegenomen afstand tussen het actieve en passieve extensiecentrum C5/6 bij de DM-serie (tabel 31) gaat samen met een tendens ($p < 0.08$) tot toename van deze afstand bij het segment C4/5.

Opmerkelijk is dat bij de DZ-serie, waarbij immers sprake is van een normale afstand tussen beide C5/6-extensiecentra, een significant ($p < 0.05$) grotere afstand tussen de beide extensiecentra van C3/4 wordt gevonden.

De gemiddelde afstand tussen de actieve en passieve deeltrajectbewegingscentra is per segment vermeld in tabel 34.

TABEL 34 NORMALE EN VERSMALDE DISCUS
GEMIDDELDE AFSTAND TUSSEN DE ACTIEVE
EN PASSIEVE DEELTRAJECTCENTRA (in mm.)

	C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
ANTEFLEXIECENTRA					
M-SERIE	5.1	4.2	5.0	2.7	2.2
DZ-SERIE	4.5	2.8	3.5	3.9	2.2
DM-SERIE	4.5	3.6	4.4	4.8	1.8
EXTENSIECENTRA					
M-SERIE	3.3	2.3	1.6	2.0	3.2
DZ-SERIE	3.6	4.4	1.7	1.7	4.3
DM-SERIE	4.1	2.1	2.7	3.8	4.6

OVERIGE SEGMENTEN -

PENDELEN VAN HET BEWEGINGSCENTRUM TIJDENS HET GEHELE BEWEGINGSTRAJECT

De toename van de pendeling van het bewegingscentrum bij segment C5/6, welke bij versmalling van de discus van dit segment optreedt, gaat (met uitzondering van segment C3/4) niet samen met een toename van de pendeling bij de segmenten boven C5/6. Bij C6/7 worden wel veranderingen gevonden.

De gemiddelde pendelgrootte over het gehele bewegingstraject is voor alle segmenten en series vermeld in tabel 35.

De pendeling bij C3/4 van de DZ-serie bij passief bewegen is opmerkelijk groot (in vergelijking met de M-serie: $p < 0.02$; met de DM-serie slechts: $p < 0.1$).

TABEL 35 DISCUSVERSMALLING
GEMIDDELDE PENDELGROOTTE OVER HET TOTALE
BEWEGINGSTRAJECT (FE) BIJ ACTIEF EN
PASSIEF BEWEGEN (in mm.)

		C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
ACTIEF	M-SERIE	7.9	5.4	5.8	4.2	4.0
	DZ-SERIE	6.9	5.8	6.0	5.2	6.8
	DM-SERIE	9.6	5.1	5.1	7.5	2.6
PASSIEF	M-SERIE	6.7	3.1	4.0	2.7	5.4
	DZ-SERIE	9.0	6.1	3.4	6.7	4.6
	DM-SERIE	9.7	4.3	4.5	7.3	4.1

Bij segment C6/7 treden bij actief bewegen sterk significante veranderingen op. Is bij de DZ-serie sprake van een sterke toename van de pendeling ($p < 0.01$), bij de DM-serie bestaat juist een afname ($p < 0.05$). Het onderlinge verschil tussen de beide D-series is sterk significant ($p < 0.001$).

Ter illustratie zijn de individuele waarden van de pendelgrootte van het segment C6/7 bij actief bewegen vermeld in tabel 36 (voor zover deze meetbaar waren; helaas wordt C7 niet op alle opnamen meetbaar afgebeeld). De individuele waarden van de M-serie zijn vermeld in tabel B - 3.

TABEL 36 DISCUSVERSMALLING C5/6 SEGMENT C6/7
FE-PENDELGROOTTE BIJ ACTIEF BEWEGEN (in mm.)

DZ-2	DZ-3	DZ-4	DZ-5	DZ-7	DZ-8				
7.86	6.38	8.39	6.49	7.73	4.00				
DM-1	DM-2	DM-3	DM-4	DM-5	DM-6	DM-9	DM-10	DM-11	DM-13
1.93	2.92	4.37	2.48	3.73	2.62	3.22	0.67	2.91	1.15

OVERIGE SEGMENTEN -

PENDELEN VAN HET BEWEGINGSCENTRUM BIJ ANTEFLEXIE EN EXTENSIE

Bij anteflexie worden uitsluitend bij de DZ-serie veranderingen gezien. Er treedt een afname op van de pendelgrootte bij de segmenten boven C5/6. Deze afname is bij C2/3 en C3/4 bij actief bewegen significant ($p < 0.05$).

Bij extensie treedt een toename van de pendeling op bij de segmenten boven C5/6, zowel bij de DZ- als DM-serie. Slechts significant ($p < 0.05$) is deze toename bij de DZ-serie bij passief bewegen bij de segmenten C2/3 en C3/4; bij de DM-serie bij actief bewegen bij segment C3/4.

Bij segment C6/7 treden significante verschillen ($p < 0.05$) op bij actief bewegen tussen de DZ- en DM-serie. De pendelgrootte neemt toe bij de DZ-serie, en juist af bij de DM-serie.

De gemiddelde pendelgrootte bij anteflexie en extensie bij alle segmenten is weergegeven in tabel 37.

TABEL 37 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
GEMIDDELDE PENDELGROOTTE
BIJ ANTEFLEXIE EN EXTENSIE
BIJ ACTIEF EN PASSIEF BEWEGEN (in mm.)

		C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
ANTEFLEXIE						
ACTIEF	M-SERIE	5.9	4.3	4.8	3.2	2.1
	DZ-SERIE	3.2	2.7	4.0	3.5	2.3
	DM-SERIE	6.7	4.0	4.3	4.9	2.3
PASSIEF	M-SERIE	4.9	2.9	3.4	2.0	2.3
	DZ-SERIE	4.0	2.4	2.3	3.6	2.3
	DM-SERIE	6.2	3.3	3.2	3.8	1.7
EXTENSIE						
ACTIEF	M-SERIE	3.3	1.7	1.6	1.9	3.0
	DZ-SERIE	4.2	3.7	2.5	2.9	4.9
	DM-SERIE	4.4	2.5	2.2	3.1	2.2
PASSIEF	M-SERIE	2.4	1.7	1.3	1.4	3.3
	DZ-SERIE	6.0	4.1	1.8	3.9	3.2
	DM-SERIE	3.6	2.1	1.8	4.3	3.7

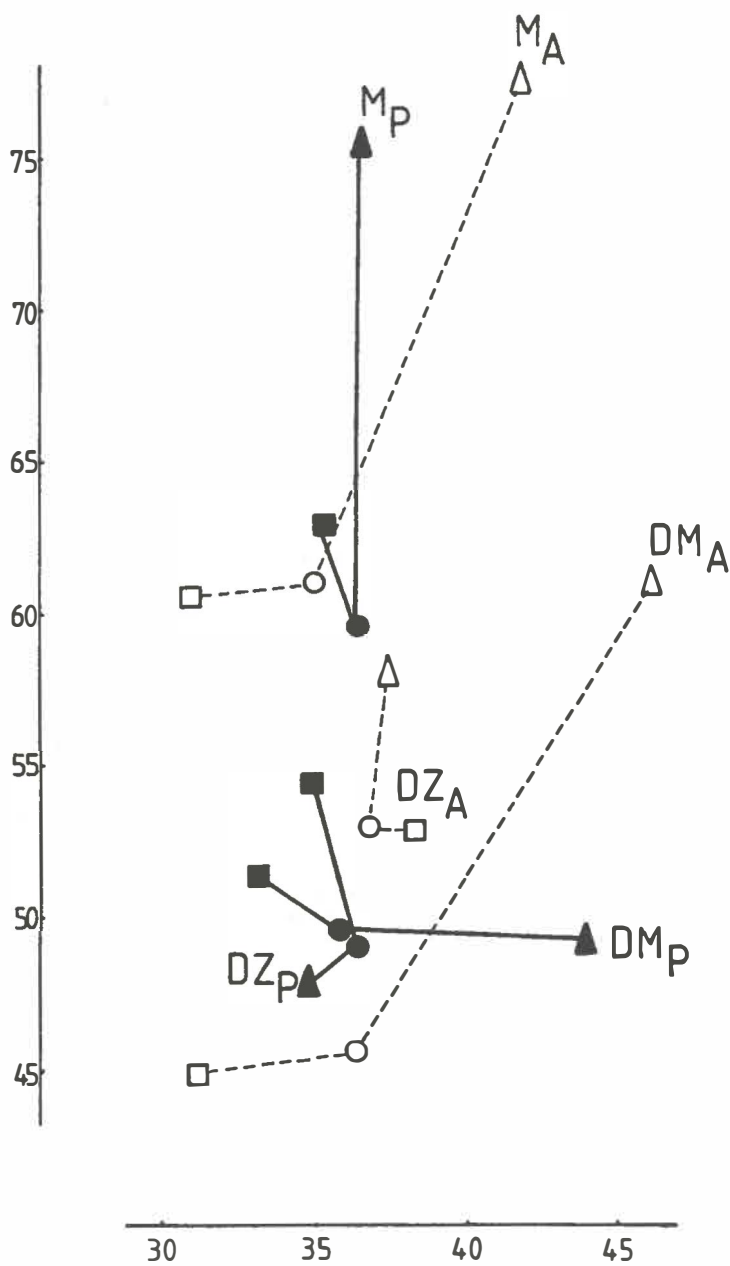
VI.4 OVERIGE SEGMENTEN - PENDELPATRONEN

De pendelpatronen van de segmenten C2/3 en C3/4 bij normale proefpersonen bleken een vrijwel aspecifiek beeld op te leveren. Het pendelpatroon van C3/4 bij de beide series discusversmalling vertoont eveneens geen karakteristieke kenmerken en wordt derhalve niet afgebeeld. Het pendelpatroon van C2/3 is niet geanalyseerd.

Bij de segmenten C4/5 en C6/7 treden bij discusversmalling C5/6 kenmerkende veranderingen op.

In tabel B - 16 worden coördinaten en spreiding van de actieve en passieve FE-centra in de standaardwervel van de overige segmenten vermeld, in tabel B - 17 eveneens die van de anteflexie- en extensiecentra van de segmenten C4/5 en C6/7.

FIGUUR 20 PENDELPATRONEN C 4/5



HET PENDELPATROON C4/5 BIJ DISCUSVERSMALLING C5/6

Figuur 20 vertoont de actieve en passieve pendelpatronen van het segment C4/5 in de standaardwervel.

Het actieve FE-centrum van de DZ-serie heeft, in tegenstelling tot dat van de DM-serie, een significant ($p < 0.05$) hogere ligging dan leeftijds-genoten.

Tevens hebben de centra van beide series een meer ventraalwaartse ligging, het actieve centrum bij de DZ-serie significant ($p < 0.05$).

Bij normale proefpersonen bleek bij het segment C4/5 sprake van een craniaalwaarts gerichte anteflexiependeling, dit zowel bij actief als passief bewegen. Bij actief bewegen met een ventraalwaartse tendens. Pendeling bij extensie bleek niet aantoonbaar.

Bij de DZ-serie bestaat zowel bij actief als passief bewegen een volledig afwijkend beeld. De weliswaar qua grootte kleinere anteflexiependeling is volledig richtingloos geworden. Ook de iets grotere extensiependeling is qua richting niet kenmerkend.

Bij de DM-serie treden, in tegenstelling tot de DZ-serie, wel degelijk karakteristieke patronen op.

Het beeld bij actief bewegen komt sterk overeen met dat van normale proefpersonen. De ventrocraniaalwaartse pendeling bij anteflexie en nu ook de dorsaalwaartse pendeling bij extensie zijn kenmerkend.

Een significant verschil in ligging tussen actief NF-centrum en FE-centrum bestaat zowel qua X' - als Y' -coördinaat ($p < 0.05$). Ook significant ($p < 0.05$) is het verschil tussen actief FE- en NE-centrum qua X' -coördinaat.

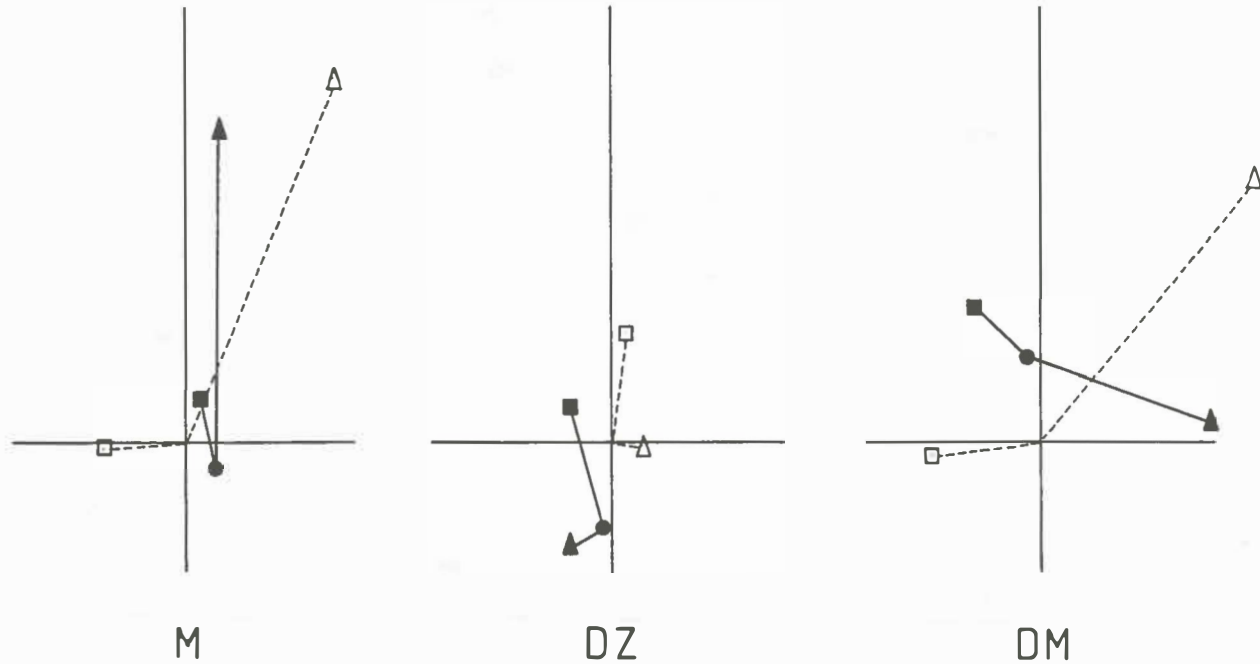
Bij passief bewegen bestaat bij de DM-serie een van normale proefpersonen afwijkend beeld. De normaal strikt craniaalwaarts verlopende pendeling bij anteflexie wijzigt zijn richting ventraalwaarts. Pendeling bij extensie is nu niet aantoonbaar. Het passieve NF-centrum van de DM-serie ligt significant ventraal van het passieve FE-centrum ($p < 0.02$).

In verband met het bestaan van niveauverschillen tussen de diverse series zijn ook de pendelpatronen welke ontstaan indien de coördinaten van alle overige bewegingscentra worden herleid tot het actieve FE-centrum gelegen in de oorsprong (0,0) weergegeven in figuur 20.

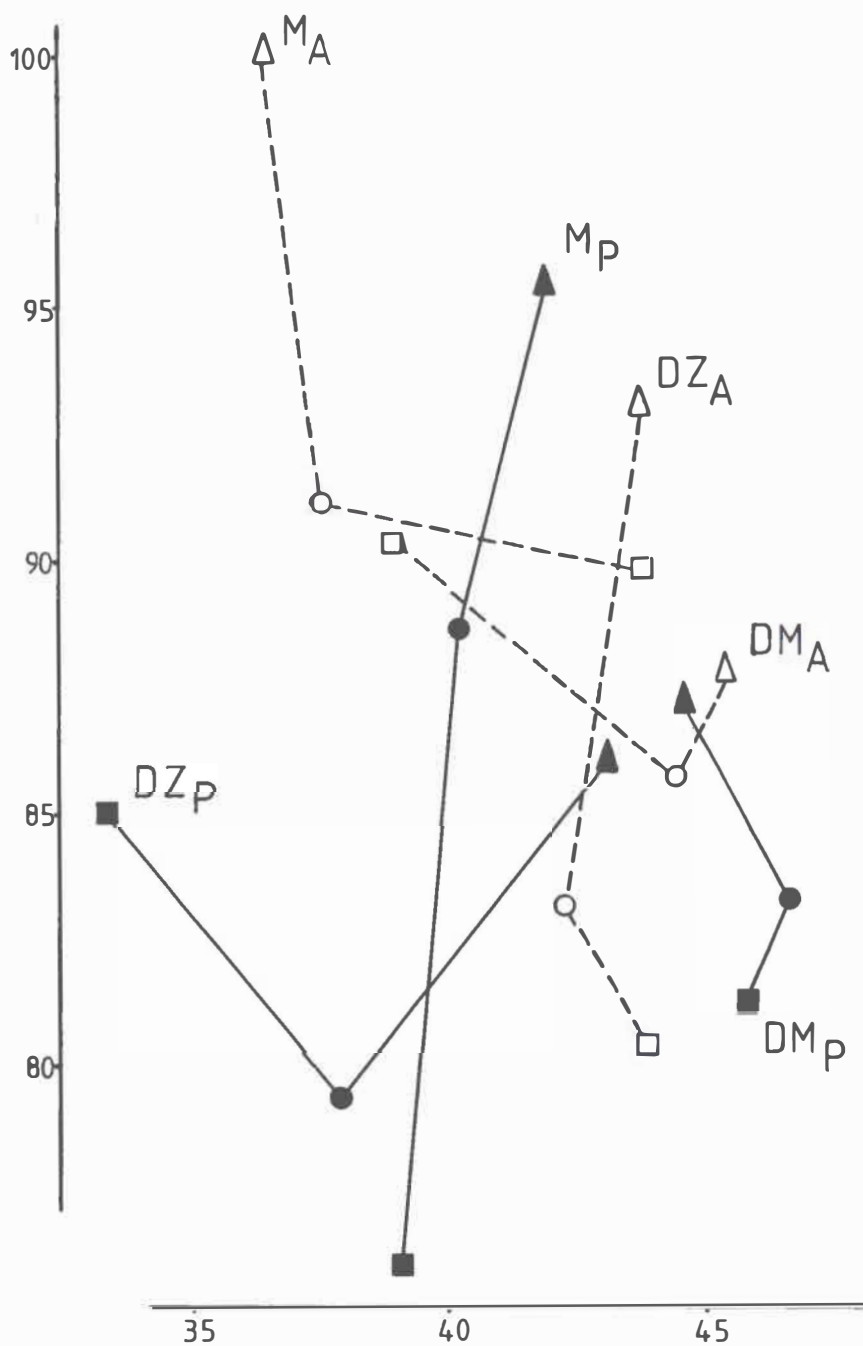
De coördinaten van de overige centra zijn, met spreidingswaarden, weergegeven in tabel B - 18.

Dan blijkt de passieve anteflexiependeling van de DM-serie, normaal strikt in craniaalwaartse richting, niet alleen ventraalwaarts gericht (passief NF-centrum ligt significant ventraal van het passieve FE-centrum, $p < 0.02$), doch ook significant met een caudaalwaartse component ($p < 0.05$).

FIGUUR 21 PENDELPATRONEN C 4/5
 BIJ HERLEIDING TOT FE-A (0,0)



FIGUUR 22 PENDELPATRONEN C 6/7



HET PENDELPATROON VAN C6/7 BIJ DISCUSVERSMALLING C5/6

Figuur 22 toont de verschillende pendelpatronen van segment C6/7 in de standaardwervel.

De ventrale ligging van het FE-centrum bij de DM-serie, vooral het passieve, is fraai zichtbaar.

Heeft bij normale proefpersonen het pendelpatroon van C6/7 een vrij kenmerkend beeld, bij discusversmalling C5/6 blijkt hiervan vrijwel niets meer over te zijn.

Opvallend is de dorsaalwaartse gerichtheid van het passieve DZ-patroon van flexie naar extensie. Verschil in ligging tussen het NE- en het NF-centrum is echter niet significant aantoonbaar. Wel is een zwakke tendens ($p < 0.09$) aantoonbaar, dat het passieve NE-centrum van de DZ-serie dorsaal ligt van het passieve NE-centrum van de DM-serie.

Hoewel alle anteflexiecentra van C6/7 bij discusversmalling C5/6 relatief dicht bij elkaar liggen en de extensiecentra juist "uiteenwaaien" (in tegenstelling tot het segment C5/6), is een significant liggingsverschil tussen deze extensiecentra onderling in de standaardwervel helaas ook niet aantoonbaar.

VI.5 ROTATOIRE MOBILITEIT

ROTATOIRE MOBILITEIT VAN DE LAGERE CERVICALE WERVELKOLOM (C2/7)

De rotatoire mobiliteit C2/7 bij actief bewegen is bij beide D-series niet duidelijk afwijkend van die van leeftijdsgenoten.

De toename van de mobiliteit bij passief bewegen, in vergelijking met de mobiliteit bij actief bewegen, is bij de DZ-serie even groot als bij normale proefpersonen. Bij de DM-serie is een sterkere toename te zien. In individuele gevallen kan zelfs een groot verschil tussen actieve en passieve mobiliteit bestaan.

In tabel 38 is de gemiddelde actieve en passieve mobiliteit C2/7 samen met de toename bij passief bewegen weergegeven (zie tabel 22 voor normaalwaarden van de actieve mobiliteit: bij 41-jarigen 76.5 (sd.9.2), bij 46-jarigen 71.7 (sd.4.8)).

Individuele waarden van de toename bij passief bewegen van de M- en beide D-series zijn vermeld in tabel B - 19.

TABEL 38 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
ACTIEVE EN PASSIEVE ROTATOIRE MOBILITEIT C2/7
TOENAME BIJ PASSIEF BEWEGEN (in graden)
(standaarddeviaties tussen haakjes)

	ACTIEF	PASSIEF	TOENAME
M-SERIE	86.1 (8.2)	93.6 (7.2)	7.4 (3.6)
DZ-SERIE	70.4 (11.6)	77.5 (12.6)	7.1 (2.3)
DM-SERIE	68.7 (11.6)	80.6 (10.2)	11.9 (8.1)

De verdeling van de totale rotatoire mobiliteit C2/7 over de deeltrajecten anteflexie en extensie blijkt zich te wijzigen. Participeert normaal de anteflexie voor 42% en de extensie voor 58% in de totale mobiliteit, bij discusversmalling C5/6 is de participatie van de extensie verminderd (bij de DM-serie gedaald tot 53%, bij de DZ-serie tot 43%).

ROTATOIRE MOBILITEIT VAN SEGMENT C5/6

Er treedt een sterk significante vermindering op van de rotatoire mobiliteit C5/6 indien de discus versmald is.

De gemiddelde waarden bij actief en passief bewegen zijn vermeld in tabel 39, individuele waarden in tabel B - 20.

Vergelijking van de actieve rotatoire mobiliteit van de vrouwen van de beide D-series met normale proefpersonen levert sterke significante verschillen op (sd.-waarden tussen haakjes):

DZV: 13.1° (4.0) met OVO: 18.4° (1.9) $p < 0.02$
 DMV: 12.7° (4.1) met OV: 19.5° (3.1) $p < 0.001$

Opvallend is het verschil tussen de DZ- en de DM-serie voor wat betreft de mobiliteitstoename bij passief bewegen. De toename bij de DZ-serie bedraagt gemiddeld 0.6° (sd.2.0), bij de DM-serie gemiddelde 3.5° (sd.3.0). Het verschil is significant ($p < 0.05$).

Het afnemen van de rotatoire mobiliteit is bij extensie relatief in veel sterkere mate aanwezig dan bij anteflexie. Het grotere verschil tussen actief en passief bewegen bij de DM-serie is redelijk verdeeld over anteflexie en extensie (zie voor gemiddelde waarden tabel 41, voor individuele waarden tabel B - 20).

TABEL 39 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
 ACTIEVE EN PASSIEVE ROTATOIRE MOBILITEIT (graden)

	M-SERIE		DZ-SERIE		DM-SERIE	
	ACTIEF	PASSIEF	ACTIEF	PASSIEF	ACTIEF	PASSIEF
C2/3	11.2	12.8	10.4	12.2	10.5	11.9
C3/4	17.2	19.1	14.4	15.9	15.1	17.5
C4/5	20.1	21.1	16.6	18.4	16.2	18.3
C5/6	20.2	21.4	13.4	14.0	12.5	15.8
C6/7	17.4	19.2	15.6	17.0	14.4	16.7

ROTATOIRE MOBILITEIT VAN DE OVERIGE SEGMENTEN

Een compensatoire toename van de rotatoire mobiliteit van de aan C5/6 grenzende segmenten C4/5 en C6/7 is niet vast te stellen. Alle overige segmenten (behalve C6/7 bij de DM-serie) vertonen een geringe toename van de mobiliteit. Dit is nog het sterkst bij C3/4 waarneembaar.

Tabel 39 vermeldt de gemiddelde actieve en passieve rotatoire mobiliteit per serie en per segment.

Daar leeftijdsverschil bestaat tussen beide D-series en de M-serie zijn ter vergelijking alle waarden van de segmentale rotatoire mobiliteit bij actief bewegen bij vrouwen weergegeven in tabel 40.

TABEL 40 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
ACTIEVE SEGMENTALE ROTATOIRE
MOBILITEIT BIJ VROUWEN (graden)

	DMV	OV	DZV	OVO
C2/3	10.6	9.4	10.8	10.0
C3/4	15.4	13.4	15.0	13.8
C4/5	16.4	16.2	17.0	16.4
C5/6	12.7	19.5	13.1	18.4
C6/7	14.7	16.8	16.1	14.8

TABEL 41 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
ROTATOIRE MOBILITEIT BIJ ANTEFLEXIE
EN EXTENSIE BIJ C3/4 T/M C6/7 (graden)

	A N T E F L E X I E		E X T E N S I E	
	ACTIEF	PASSIEF	ACTIEF	PASSIEF
C3/4				
M-SERIE	5.6	6.9	11.3	12.1
DZ-SERIE	7.4	8.4	7.0	7.5
DM-SERIE	5.1	6.8	9.8	10.9
C4/5				
M-SERIE	6.3	6.6	13.6	14.4
DZ-SERIE	6.9	7.1	9.8	10.9
DM-SERIE	5.4	6.5	10.8	11.8
C5/6				
M-SERIE	8.6	9.2	11.7	12.1
DZ-SERIE	7.1	7.6	6.0	6.5
DM-SERIE	5.7	7.0	6.8	8.7
C6/7				
M-SERIE	11.3	12.0	5.8	7.3
DZ-SERIE	11.8	12.5	4.0	4.5
DM-SERIE	11.3	12.2	3.2	4.6

De rotatoire mobiliteit bij anteflexie en extensie wijzigt zich in een aantal gevallen, vooral bij de DZ-serie. Daar is bij de overige segmenten bij anteflexie een toename en bij extensie een afname te zien. Bij de DM-serie is dit alleen bij segment C6/7 zichtbaar.

Tabel 41 geeft een overzicht van de rotatoire mobiliteit bij anteflexie en extensie bij de segmenten C3/4 t/m C6/7.

Helaas zijn geen vergelijkbare waarden van leeftijdsgenoten te geven, daarom zijn die van de M-serie erbij vermeld.

Het segment C6/7 vertoont, uitsluitend bij de DM-serie, bij actieve en passieve extensie bij een paar individuen een negatieve mobiliteit. In plaats van extensie treedt een segmentale anteflexie op. Dit is abnormaal.

In tabel 42 zijn de individuele waarden van de actieve en passieve rotatoire extensie van segment C6/7 van beide D-series vermeld (in tabel B - 3 van normale proefpersonen).

TABEL 42 DISCUSVERSMALLING ROTATOIRE MOBILITEIT C6/7 BIJ EXTENSIE															
PERSOON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	GEM	(SD)
DZ-SERIE															
ACTIEF	2	4	5	5	4	2	5	5						4.0	(1.3)
PASSIEF	2	4	5	7	6	2	5	5						4.5	(1.8)
DM-SERIE															
ACTIEF	-4	7	5	-5	3	5	0	1	7	11	5	2	5	3.2	(4.4)
PASSIEF	3	7	6	-3	5	6	-2	4	8	10	5	4	7	4.6	(3.7)

TABEL 43 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
TRANSLATOIRE MOBILITEIT C5/6
(gemiddelde waarden in mm.)
(sd.-waarden tussen haakjes)

	ACTIEF	PASSIEF
M-SERIE	4.1 (0.5)	4.5 (0.8)
DZ-SERIE	2.1 (0.8)	2.4 (0.7)
DM-SERIE	2.6 (0.9)	3.3 (1.0)

VI.6 TRANSLATOIRE MOBILITEIT

TRANSLATOIRE MOBILITEIT VAN SEGMENT C5/6

Bij discusversmalling C5/6 bestaat een significante ($p < 0.001$) vermindering van de actieve translatore mobiliteit.

Ook de passieve translatore mobiliteit is verminderd. Daarbij bestaat echter een significant ($p < 0.05$) verschil tussen de DZ- en DM-serie: bij de DM-serie is de toename van de translatie bij passief bewegen in vergelijking tot actief bewegen abnormaal groter.

Tabel 43 vermeldt de gemiddelde actieve en passieve translatore mobiliteit per serie (in mm.), de individuele waarden bij passieve translatie staan in tabel B - 21.

De vermindering van de translatore mobiliteit bij versmalling van de discus treft zowel het extensie- als anteflexietraject, maar is bij extensie in sterkere mate aanwezig (zie tabel 45).

TABEL 44 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
TRANSLATOIRE MOBILITEIT OVERIGE SEGMENTEN
(gemiddelde waarden in mm.)

	C3/4		C4/5		C6/7	
	ACT	PASS	ACT	PASS	ACT	PASS
M-SERIE	4.0	4.4	4.7	5.0	2.7	3.1
OM-SERIE	4.6		4.3		2.8	
OV-SERIE	3.6		4.1		2.9	
OVO-SERIE	3.7		4.6		2.8	
DZ-SERIE	4.0	4.4	4.0	4.6	2.8	3.3
DZV	4.1		4.0		2.9	
DM-SERIE	4.4	5.0	4.3	4.8	2.6	3.1
DMV	4.4		4.3		2.5	

TRANSLATOIRE MOBILITEIT VAN DE OVERIGE SEGMENTEN

Een compensatoire toename van de translatore mobiliteit bij de aan C5/6 grenzende segmenten C4/5 en C6/7 is niet aantoonbaar. Mogelijk is dit aanwezig bij het segment C3/4: een significant ($p < 0.05$) verschil bestaat daar tussen de OV-serie en de DMV-serie (OV:3.6 (sd. 0.6), DMV:4.4 (sd. 1.1)).

In tabel 44 zijn de gemiddelde waarden per serie van de segmenten C3/4, C4/5 en C6/7 vermeld.

De translatore mobiliteit bij anteflexie en extensie bij de overige segmenten blijkt zich aanzienlijk gewijzigd te hebben. Het afnemen van de translatore mobiliteit bij anteflexie van

C5/6 (vooral bij DZ), gaat samen met een toename ervan bij de overige segmenten. Bij C3/4 en C4/5 vooral bij DZ, bij C6/7 bij beide D-series even sterk.

Het afnemen van de translatoire mobiliteit bij extensie van C5/6 (vooral bij DZ), gaat (met uitzondering van C3/4 bij de DM-serie) samen met een afname van de translatoire mobiliteit bij extensie bij de overige segmenten. De afname ervan bij de segmenten craniaal van C5/6 is sterker bij de DZ-serie; caudaal van C5/6 (dus C6/7) juist sterker bij de DM-serie.

In tabel 45 is de gemiddelde translatoire mobiliteit bij actief en passief bewegen bij anteflexie en extensie per segment (C3/4 t/m C6/7) en per serie weergegeven.

**TABEL 45 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
TRANSLATOIRE MOBILITEIT BIJ
ANTEFLEXIE EN EXTENSIE (in mm.)**

		ANTEFLEXIE		EXTENSIE	
		ACT	PASS	ACT	PASS
C3/4	M-SERIE	1.1	1.5	2.5	2.5
	DZ-SERIE	1.8	2.3	1.8	2.0
	DM-SERIE	1.4	1.8	2.6	2.8
C4/5	M-SERIE	1.2	1.2	3.2	3.3
	DZ-SERIE	1.7	1.9	2.2	2.5
	DM-SERIE	1.3	1.7	2.8	3.0
C5/6	M-SERIE	1.6	1.8	2.3	2.5
	DZ-SERIE	0.8	1.2	0.9	0.9
	DM-SERIE	1.1	1.5	1.2	1.4
C6/7	M-SERIE	1.4	1.7	1.0	1.4
	DZ-SERIE	1.8	2.2	0.9	1.0
	DM-SERIE	1.9	2.1	0.6	0.9

VI.7 ROTATOIRE VERSUS TRANSLATOIRE MOBILITEIT

SEGMENT C5/6

Zowel rotatoire als translatoire mobiliteit bleken bij versmalling van de discus significant verminderd (tabel 39 en 43).

De mate waarin beide bewegingsmogelijkheden afnemen is echter bij de twee series discusversmallingen verschillend. Bij de DM-serie treedt een evenredige afname op van beide bewegingen. Echter, bij de DZ-serie is sprake van een onevenredige afname, waarbij verhoudingsgewijs de translatoire mobiliteit veel sterker is verminderd.

Dit wordt duidelijk, indien de verhouding tussen rotatie en translatie wordt uitgedrukt in een quotiënt waarbij de rotatie in de teller en de translatie in de noemer wordt geplaatst. Het quotiënt bij de DM-serie komt volledig overeen met dat van normale proefpersonen. Bij de DZ-serie is, vergeleken met de DM-serie, sprake van significant hogere waarden van het quotiënt (actieve waarden $p < 0.02$, passieve waarden $p < 0.01$).

De gemiddelde waarden van het rotatie/translatie-quotiënt zijn in tabel 46 weergegeven (voor individuele waarden zie tabel B - 22).

Kenmerk van een discusversmalling zonder correlerende klachten is dus een relatief sterker afnemen van de translatoire in vergelijking met de rotatoire mobiliteit.

TABEL 46 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
ROTATIE/TRANSLATIE-QUOTIENT C5/6

	ACTIEF	PASSIEF
M-SERIE	5.0	4.9
DZ-SERIE	6.7	6.2
DM-SERIE	5.1	4.9

OVERIGE SEGMENTEN

De verdeling van de totale mobiliteit over anteflexie en extensie is gewijzigd, vooral bij de DZ-serie.

De rotatoire mobiliteit van de overige segmenten neemt bij de DZ-serie bij anteflexie toe en bij extensie af. Bij de DM-serie is dit alleen zichtbaar bij het segment C6/7.

Ook de translatoire mobiliteit van de overige segmenten neemt bij anteflexie toe en bij extensie af, bij de DZ-serie het duidelijkst.

Tabel 47 geeft een beeld van deze verschuivingen.

Aangetoond kan worden (door bepaling van de lordosegraad volgens Ishihara [naar 29]) dat het niet waarschijnlijk is, dat de veranderingen in participatieverhouding tussen anteflexie en extensie het gevolg zijn van verschillen in neutrale stand tussen de drie series. In dat geval zou immers de DZ-serie de sterkste lordose moeten hebben, de M-serie de geringste.

De lordosegraad bedraagt gemiddeld per serie:

M-serie: 0.050

DZ-serie: 0.094

DM-serie: 0.022

(alleen het verschil tussen DZ en DM is significant $p < 0.02$)

De DZ-serie heeft weliswaar de sterkste lordose, doch de DM-serie heeft een minder sterkere lordose dan de M-serie.

TABEL 47 NORMALE VERSUS VERSMALDE DISCUS
PERCENTUELE VERDELING VAN DE TOTALE MOBILITEIT OVER
ANTEFLEXIE EN EXTENSIE VOOR ROTATIE EN TRANSLATIE

		R O T A T I E				T R A N S L A T I E			
		ACTIEF		PASSIEF		ACTIEF		PASSIEF	
		FLEX	EXT	FLEX	EXT	FLEX	EXT	FLEX	EXT
C3/4	M	33	67	36	64	30	70	38	62
	DZ	51	49	53	47	50	50	53	47
	DM	34	66	38	62	35	65	39	61
C4/5	M	32	68	31	69	27	73	27	73
	DZ	41	59	39	61	44	56	43	57
	DM	33	67	36	64	32	68	36	64
C5/6	M	42	58	43	57	41	59	42	58
	DZ	54	46	54	46	47	53	57	43
	DM	46	54	44	56	48	52	52	48
C6/7	M	66	34	62	38	58	42	55	45
	DZ	75	25	74	26	67	33	69	31
	DM	78	22	73	27	76	24	70	30

VI.8 CONCLUSIE

HET SEGMENT C5/6

De ligging van het bewegingscentrum is bij discusversmalling gewijzigd. Deze wijziging is zodanig, dat er significante verschillen optreden tussen segmenten met een versmalde discus welke wel (DM) en welke niet (DZ) met klachten gepaard gaan.

Bij een versmalling zonder klachten hebben actief en passief centrum een overeenkomstige ligging, welke bovendien hoger is dan te verwachten op grond van de leeftijd.

Bij een versmalling met klachten heeft het actieve centrum een meer ventraalwaartse ligging. Dit is overigens niet zichtbaar bij het passieve centrum, zodat actief en passief centrum qua ligging verschillen.

De actieve en passieve anteflexiecentra liggen bij discusversmalling verder van elkaar verwijderd.

De ligging van beide extensiecentra valt samen indien geen klachten bestaan; bij een versmalling met klachten bestaat doorgaans een van elkaar afwijkende ligging.

De pendelgrootte van zowel actief als passief bewegingscentrum is bij discusversmalling toegenomen, vooral bij de DM-serie.

Ook de pendelrichting wijzigt zich (van extensie naar anteflexie bezien) van ventrocraniaal naar ventrocaudaal, met name bij DZ-persoon bij passief bewegen, bij DM-persoon zowel bij actief als passief bewegen. Opvallend daarbij is dat de pendelrichting bij extensie steeds dorsocraniaalwaarts gericht is, bijna loodrecht op het vlak van het facetgewricht.

Zowel rotatoire als translatoire segmentale mobiliteit zijn bij discusversmalling sterk verminderd, vooral bij actief bewegen. Bij passief bewegen bestaan verschillen tussen DZ- en DM-persoon: bij de DM-serie wordt bij passief bewegen een sterkere toename van zowel rotatoire als translatoire mobiliteit gezien.

Is de afname van rotatoire en translatoire mobiliteit bij de DM-serie voor beide evenredig, bij de DZ-serie is verhoudingsgewijs sprake van een sterkere afname van de translatoire mobiliteit.

OVERIGE SEGMENTEN

De ligging van het bewegingscentrum bij alle overige segmenten wordt in meer of mindere mate beïnvloed door de aanwezigheid van de discusversmalling van C5/6.

Steeds is een ventraalwaartse verplaatsing van het bewegingscentrum bij alle overige segmenten te zien. Bovendien wordt bij de DZ-serie een te hoge ligging van het bewegingscentrum bij alle overige segmenten waargenomen. Bij de DM-serie valt een tendens bij de overige segmenten te bespeuren tot het verder van elkaar verwijderd liggen van actief en passief bewegingscentrum.

De mate waarin het bewegingscentrum pendelt wordt bij segment C6/7 bij actief bewegen kenmerkend beïnvloed. Bij de DZ-serie is een sterke toename van de pendeling waar te nemen, terwijl bij de DM-serie juist een sterke afname bestaat.

Bij de segmenten boven C5/6 blijkt, het sterkst bij de DZ-serie, een vermindering van de anteflexiependeling en een toename van de extensiependeling op te treden.

De pendelpatronen van de segmenten C4/5 en C6/7 worden bij discusversmalling C5/6 sterk beïnvloed. Resulteren de veranderingen bij C6/7 in een weinig kenmerkend beeld, de wijzigingen bij C4/5 zijn zeer karakteristiek.

Bij C4/5 is de normaal bestaande craniaalwaartse anteflexiependeling bij de DZ-serie richtingloos geworden. Daarentegen blijft bij de DM-serie bij actief bewegen de anteflexiependeling ongewijzigd; bij passief bewegen is deze echter ventraalwaarts gericht. Bovendien ontstaat bij C4/5 bij de DM-serie een dorsaalwaartse pendeling bij actieve extensie.

Een compensatoire toename van rotatoire of translatoire mobiliteit van de aan C5/6 grenzende segmenten C4/5 en C6/7 is niet vast te stellen. Alle overige segmenten - het segment C3/4 nog het sterkst - compenseren het verlies van rotatoire mobiliteit bij C5/6 in lichte mate. Bij actief bewegen wordt bij de DM-serie bij het segment C6/7 een vermindering van de rotatoire mobiliteit gezien.

DE GEHELE LAGERE HALSWERVELKOLOM C2/7

De actieve rotatoire mobiliteit C2/7 heeft bij beide D-series waarden, welke niet afwijken van normale leeftijdsgenoten. De toename van de mobiliteit bij passief bewegen, in vergelijking met actief bewegen, is bij de DZ-serie niet afwijkend. Bij personen met een discusversmalling C5/6 met correlerende klachten kan sprake zijn van een groot verschil tussen actieve en passieve rotatoire mobiliteit.

HOOFDSTUK VII

K L I N I S C H E R E L E V A N T I E

CRITERIA OM VAST TE STELLEN OF EEN DISCUSVERSMALLING C5/6 WEL OF NIET MET KLACHTEN GEPAARD GAAT

Het is zeer goed mogelijk om, op basis van het bepalen van bewegingscentra, uitspraken te doen over het wel of niet bestaan van klachten welke correleren met de aanwezigheid van een versmalde discus C5/6 op de röntgenfoto.

Een aantal criteria (I t/m XI, zie tabel 49) zijn hiertoe te gebruiken.

Met behulp van drie van deze criteria (II, VI en IV, resp. A, B en C genoemd) kan een index worden bepaald welke met een betrouwbaarheid van 98 tot 99% aangeeft of er wel of geen correlerende klachten bestaan.

De index kan als volgt worden berekend:

$$\text{INDEX} = 4 \times A + 6 \times B - 3 \times C$$

Indien deze INDEX

- >- 11.4 bestaan er wel correlerende klachten
- <- 11.3 bestaan er geen correlerende klachten

Indien één der drie criteria niet kan worden bepaald, dan kan een vaste waarde hiervoor worden aangenomen:

$$4 \times A = 11.0, \quad 6 \times B = 17.2 \quad \text{en} \quad 3 \times C = 12.5$$

De drie criteria zijn:

- A: De afstand tussen de bewegingscentra bij actief en passief bewegen van het segment C5/6 (in mm.)
- B: De translatoire mobiliteit bij passief bewegen van het segment C5/6 (in mm.)
- C: De afstand tussen het NF- en het NE-centrum (anteflexie- en extensiecentrum) bij actief bewegen van segment C6/7 (in mm.)

De gemiddelde Indexwaarde bij mijn materiaal bedraagt:

DZ-serie: 2.5 (4.3)

DM-serie: 23.8 (5.6)

(standaarddeviatie tussen haakjes)

De afzonderlijke waarden van de Index zijn, ter illustratie van het grote verschil dat bestaat tussen beide series, per persoon in opklimmende volgorde vermeld in tabel 48.

Alle criteria berusten op zowel ligging en gedrag van het bewegingscentrum alswel op mobiliteit (rotatoir of translatoir). Voorwaarde is steeds wel, dat uitsluitend de discus C5/6 versmald

is (hoogte 5 mm. of minder).

Rekening is gehouden met invloed van leeftijd en geslacht. De criteria zijn bruikbaar bij personen van 18 tot 58 jaar, zowel bij mannen als vrouwen.

De criteria I en III t/m VIII zijn onderling onafhankelijk van elkaar.

Bij de criteria is steeds een betrouwbaarheid van tenminste $p < 0.05$ in acht genomen, hoewel het bij een aantal criteria mogelijk is een sterkere betrouwbaarheid te hanteren.

Zeven criteria hebben betrekking op het segment C5/6, een drietal op C6/7. Eén criterium betreft de gehele lagere halswervelkolom.

De invloed van de discusversmalling C5/6 op het segment C6/7 is dermate karakteristiek, dat het zeer goed mogelijk is om dit segment bij het stellen van criteria te betrekken. Voorwaarde is echter wel, dat de discus C6/7 een goede hoogte heeft. Een bezwaar kan zijn, dat het segment C6/7 niet meetbaar is, doordat op één of meerdere röntgenopnamen het wervellichaam C7 niet voldoende wordt afgebeeld.

Bij mijn materiaal (D-series) is de gemiddelde discushoogte van C6/7: 7.8 mm. (sd.: 0.8).

Slechts éénmaal komt een hoogte voor van 6 mm., de overige disci zijn 7 mm. of hoger.

De deeltrajectbewegingscentra bij actief bewegen van C6/7 waren bij mijn materiaal meetbaar bij de DZ-serie bij 6 van de 8 personen (75%), bij de DM-serie bij 10 van de 13 personen (77%).

TABEL 48 INDEX-WAARDEN PER PERSOON
(in opklimmende volgorde)

DZ-SERIE	-4.7	-1.3	-0.8	3.1	3.8	5.4	6.7	7.7
DM-SERIE	13.1	16.7	18.5	20.6	22.7	23.5	24.0	25.5
	26.0	27.5	28.2	29.1	34.3			

TABEL 49 CRITERIA TER VASTSTELLING VAN HET AL DAN NIET BESTAAN
VAN KLACHTEN WELKE CORRELEREN MET EEN VERSMALLING VAN
DE DISCUS C5/6
(tenzij anders vermeld betreft het segment C5/6)

- I Mate van ventraalwaarts verplaatste ligging van het bewegingscentrum bij actief bewegen (FE-A) (X'-coördinaat in de standaardwervel) (tabel B - 11)
Coördinaat > 46.9 %: klachten.
 - II Afstand (in mm.) tussen de bewegingscentra bij actief en passief bewegen (FE-A en FE-P) (tabel B - 11)
Afstand > 3.9 mm.: klachten.
 - III Afstand (in mm.) tussen de bewegingscentra bij extensie bij actief en passief bewegen (NE-A en NE-P) (tabel B - 12)
Afstand > 3.6 mm.: klachten.
 - IV Afstand (in mm.) tussen de deeltrajectbewegingscentra bij anteflexie en extensie bij actief bewegen (NF-A en NE-A) (segment C6/7) (tabel 36)
Afstand > 4.6 mm.: geen klachten.
Afstand < 3.7 mm.: wel klachten.
 - V Toename van de rotatoire mobiliteit bij passief bewegen (in vergelijking met die bij actief bewegen) (tabel B - 20)
Toename 4° of meer: klachten.
 - VI Translatoire mobiliteit bij passief bewegen (tabel B - 21)
Mobiliteit > 3.9 mm.: klachten.
 - VII Rotatie/translatie-quotiënt bij actief bewegen (tabel B - 22)
Quotiënt > 7.2: geen klachten.
 - VIII Rotatie/translatie-quotiënt bij passief bewegen (tabel B - 22)
Quotiënt > 6.3: geen klachten.
 - IX Rotatoire mobiliteit bij actieve extensie (segment C6/7) (tabel 42 en B - 3)
Mobiliteit < 0° ("negatief"): klachten
 - X Rotatoire mobiliteit bij passieve extensie (segment C6/7) (tabel 42 en B - 3)
Mobiliteit < +1°: klachten
 - XI Toename van de rotatoire mobiliteit bij passief bewegen (hele lagere c.w.k.: C2 t/m C7) (tabel B - 19)
Toename 14° of meer: klachten
-

De gebruikte meetmethode is ontwikkeld uit de methode van Pennal [63]. Hij vervaardigde echter geen overtrektekening. Het vervaardigen van een overtrektekening betekent enerzijds het invoeren van een extra foutmogelijkheid, anderzijds biedt dit enige voordelen die hier zeker tegen opwegen. Doordat het beeld helder is, kunnen wervelcontouren nauwkeurig op elkaar gelegd worden en kunnen de contouren van dezelfde wervel op verschillende opnamen beter met elkaar vergeleken worden teneinde projectieverschillen op te sporen.

De nauwkeurigheid wordt aanzienlijk vergroot door de contour van de achterste boogdelen en de proc. spinosus er bij te betrekken. Metingen, waarbij uitsluitend de contour van het wervellichaam gebruikt wordt, kunnen leiden tot invoering van grote fouten.

De nauwkeurigheid van de methode betekent in de praktijk, dat indien de afstand tussen twee bewegingscentra 3 a 4 mm. bedraagt, gesproken kan worden van verschil in ligging.

De meetmethode heeft als voordeel, dat met eenvoudige middelen deze door iedereen (met enige handigheid en meetkundig inzicht) toepasbaar is.

De realiteit van het pendelgedrag van het bewegingscentrum berust op de acceptatie, dat de neutrale stand inderdaad een positie weergeeft, welke de halswervelkolom aanneemt tijdens de beweging tussen de anteflexie- en extensiestand. Het bewegingscentrum, indien pendelend, zal daarbij verplaatsen van het anteflexie- naar het extensiecentrum. Of deze verplaatsing verloopt via de rechte verbinding tussen beide centra of op een andere wijze (bij voorbeeld via het FE-centrum), blijft onduidelijk.

De rol welke het facetgewricht heeft ten aanzien van de ligging van het bewegingscentrum is bij mijn onderzoek slechts zijdelings aan de orde gekomen. Penning [64] gaf reeds aan dat een cirkel, getrokken door de sluitplaat van de bovenste wervel om een bewegingscentrum heen, ook door het facetgewricht loopt. Verder stelde hij vast dat de procusculus articulares superiores naar caudaal steeds hoger boven de corresponderende wervellichamen uitstijgen [64,68], en dat dit verklaart waarom ook de bewegingscentra naar caudaal eveneens hoger in de wervellichamen komen te liggen. Bij mijn onderzoek heb ik deze relatie tussen de anatomische positie van het facetgewricht en het niveau van het bewegingscentrum eveneens aangetroffen en verder uit kunnen werken.

Over de wijze, waarop de beide gewrichtsvlakken van het facetgewricht zich ten opzichte van elkaar gedragen, zijn vermoedens te formuleren uit het pendelpatroon van het bewegingscentrum. Deze veronderstellingen gaan uit van de hypothese, dat beide facetgewrichten een identieke bouw hebben en identiek functioneren:

1. De vaste ligging van het bewegingscentrum bij extensie bij de segmenten C3/4, C4/5 en C5/6 wijst erop, dat beide gewrichtsvlakken dan fraai langs elkaar bewegen. Het craniaalwaarts en in lichte mate tevens ventraalwaarts verplaatsen van het

bewegingscentrum bij anteflexie bij deze segmenten betekent een verplaatsing vrijwel parallel met het facetgewricht en wijst op separatie van de gewrichtsvlakken tijdens anteflexie.

2. Indien het bewegingscentrum bij anteflexie een ventraalwaartse verplaatsing vertoont (zoals te zien valt bij discusversmalling), betekent dit relatief meer translatoir dan rotatoir bewegen van het gewricht.
3. De vrijwel loodrecht naar het facetgewricht toe gerichte extensiependeling bij discusversmalling C5/6 impliceert een relatieve toename van rotatoir bewegen cq. een relatieve afname van translatoir bewegen. Het is denkbaar dat daarbij compressie van de meer caudaal gelegen gewrichtsvlakken optreedt, en separatie meer craniaal.

Opmerkelijk is het verschil tussen het segment C6/7 en de overige segmenten:

1. In pendelgedrag bij passieve extensie (caudaalwaarts)
2. In een veel geringere translatiemogelijkheid
3. In participatie van bewegen bij flexie (2/3) en extensie (1/3)
(het omgekeerde van het beeld bij de overige segmenten)

Een afdoende verklaring hiervoor heb ik niet. Het lijkt wel zeker, dat de langere processus spinosi van beide wervels een rol spelen.

Voor de ventraalwaartse verplaatsing van het bewegingscentrum bij actief bewegen bij een discusversmalling met klachten heb ik geen goede verklaring. Het betekent een zodanige situatie binnen het segment, dat bovenste en onderste wervel verder van elkaar verwijderd blijven. De discus wordt daarbij minder gecompriëerd. Het lijkt niet erg waarschijnlijk, dat alleen de musculatuur hier verantwoordelijk voor is. Een abnormale bewegingsmogelijkheid van beide wervels ten opzichte van elkaar moet zeker aanwezig zijn.

Bij een discusversmalling C5/6 met klachten is het niveau van het bewegingscentrum laag, redelijk overeenkomstig het niveau van leeftijdsgenoten. Bij een discusversmalling C5/6 zonder klachten ligt het bewegingscentrum veel hoger, op het niveau van jeugdigen. Bij ouder worden valt een lagere ligging van het bewegingscentrum te zien. Het lijkt waarschijnlijk dat, indien sprake is van een versmalling met klachten, het bewegingscentrum gaat stijgen bij het verminderen van de klachten. Het hoge, jeugdige niveau is als het ware de "veilige" plaats van het bewegingscentrum. Hoewel de causaliteit zeker niet aangetoond is, lijkt het, dat met het ouder worden en het dalen van het bewegingscentrum, de kans op "discogene klachten" toeneemt. In tegenspraak hiermede is echter, dat bij de lagere cervicale segmenten, waar juist de meeste degeneratieve aandoeningen van de discus worden gezien, minder daling van het bewegingscentrum voor komt dan bij de hogere segmenten.

Bij versmalling van de discus bestaat een sterke afname van rotatoire en translatoire mobiliteit. Dit is vooral aanwezig indien geen klachten bestaan, of, indien wel klachten bestaan, alleen bij actief bewegen. Bij passief bewegen is bij personen met klachten nog een relatief vrij ruime mobiliteit te constateren. Het is daarom waarschijnlijk, dat de kans op het aanwezig zijn van klachten bij een discusversmalling kleiner is, naarmate de

(passieve) mobiliteit geringer is. De toename van het rotatie/-translatie-quotiënt bij de DZ-serie impliceert, dat voor het afwezig zijn van klachten bij een discusversmalling het belangrijk is, dat vooral de translatiemogelijkheid vermindert.

De door mij gevonden waarden voor translatoire mobiliteit bij discusversmalling lijken in tegenspraak met de bevindingen van White, Southwick en Panjabi [79], en bevestigen de uitspraak van Alpar en Karpinsky [3], dat de kadaverexperimenten van White et Al. voor "Clinical Instability" niet kloppen met de klinische en radiologische realiteit.

De vraag is echter, wat verstaan moet worden onder de begrippen "klinische" en "radiologische" instabiliteit.

Verwarrend daarbij is zeker, dat voor "klinische instabiliteit" in de literatuur doorgaans radiologische criteria worden aangevoerd. Klinische instabiliteit dient m.i. primair vastgesteld te worden op basis van fysisch onderzoek. Het begrip "radiologische instabiliteit" zou gereserveerd kunnen worden voor die situaties, waarbij sprake is van een liggingsverschil tussen het actieve en passieve bewegingscentrum.

S A M E N V A T T I N G

Het proefschrift handelt over de bepaling van de ligging van de segmentale bewegingscentra van de lagere cervicale wervelkolom (C2/3, C3/4 enz. t/m C6/7) in het sagittale vlak.

Het onderzoek werd verricht met behulp van röntgenfoto's, waarbij naast actief en passief vervaardigde bewegingsopnamen (in maximale anteflexie en extensie) ook de neutrale stand is betrokken.

De meetmethode is een variant op die welke in de literatuur wordt beschreven, waarbij van elke röntgenfoto een overtrektekening van alle wervelcontouren is vervaardigd, coördinatenstelsels per segment zijn aangebracht en vervolgens telkens met behulp van twee overtrektekeningen door superpositie het bewegingscentrum is gemeten.

De meetmethode is getoetst op betrouwbaarheid en nauwkeurigheid. Het bleek mogelijk, segmenten met een mobiliteit van tenminste 3° in het onderzoek te betrekken.

Door omrekening van de coördinaten van de gevonden bewegingscentra naar een "standaardwervel" waren verschillende personen en segmenten onderling beter met elkaar te vergelijken.

Bij normale proefpersonen, welke "informed consent" gaven voor het onderzoek, blijken de centra bij actief bewegen een localisatie te hebben welke overeenkomt met de in de literatuur vermelde.

De centra bij passief bewegen vallen bij de drie onderste segmenten vrijwel steeds samen met de actieve; terwijl er bij C3/4 soms en bij C2/3 vaak sprake kan zijn van verschil van ligging van actief en passief bewegingscentrum.

Bij ouder worden is, zonder dat daarbij sprake is van röntgenologisch zichtbare degeneratieve veranderingen, steeds in meer of mindere mate sprake van daling van het bewegingscentrum, afhankelijk van segment en geslacht.

Bij personen met een discusversmalling C5/6 zonder neklachten en zonder te provoceren pijn bij fysisch onderzoek liggen de bewegingscentra hoger dan met de werkelijke leeftijd overeenkomt; daling heeft als het ware niet plaatsgevonden. Steeds komt de ligging van actief en passief bewegingscentrum met elkaar overeen. Gaat de discusversmalling wel met klachten gepaard en met pijn bij actief bewegen en te provoceren pijn bij passief bewegingsonderzoek (m.n. extensie), dan wordt bij actief bewegen een ventraalwaartse verplaatsing van het centrum gevonden, welke bij passief bewegen niet aanwezig is. Actief en passief bewegingscentrum hebben nu dus een van elkaar afwijkende ligging. Beide centra hebben nu echter wel een ligging welke qua niveau met de werkelijke leeftijd overeenkomt.

Bij zowel de segmenten boven als onder de discusversmalling C5/6 treft men steeds een tendens tot ventraalwaartse verplaatsing van het bewegingscentrum aan. Deze verplaatsing is sterker indien geen neklachten bestaan. In dit geval blijkt bovendien dat de relatief hoge ligging van het bewegingscentrum van C5/6 samengaat met een hogere ligging van het bewegingscentrum bij de overige segmenten.

Doorgaans blijkt het bewegingscentrum geen vaste ligging te hebben tijdens de gehele beweging, doch is er sprake van "pendelen". Deze

pendeling is bij de segmenten C2/3 t/m C5/6 vaak "V"-vormig, waarbij bij normale disci de craniodorsaalwaartse pendeling bij extensie bij C3/4, C4/5 en C5/6 minimaal is, terwijl de craniaal of cranioventraalwaartse pendeling bij anteflecteren veel uitgesprokener is. Bij C6/7 wordt een ander pendelpatroon gezien: vrijwel rechtlijnig caudocraniaalwaarts (van extensie naar anteflexie).

Bij discusversmalling C5/6 is sprake van een toename van de pendelgrootte van dat segment. Er treedt een sterke dorsocraniaalwaartse pendeling op bij extensie. Tevens verandert de pendelrichting bij anteflexie naar ventraal tot ventrocaudaal. Ook bij de segmenten C4/5 en C6/7 zijn veranderingen van het pendelpatroon bij discusversmalling C5/6 waarneembaar.

Is de segmentale rotatoire mobiliteit bij C4/5 en C5/6 het grootst en bij C3/4 en C6/7 iets kleiner, de segmentale translatoire mobiliteit is bij C6/7 juist aanzienlijk lager dan bij de overige segmenten. Bij ouder worden wordt een afname van beide mobiliteitsmodaliteiten gezien vooral bij de hogere segmenten.

Bij discusversmalling C5/6 is bij dit segment sprake van een reductie van zowel rotatoire als translatoire mobiliteit. Dit is zowel bij actief als passief bewegen het geval, zij het dat bij de groep met klachten bij passief bewegen de vermindering veel geringer is. Compensatoire mobiliteitstoename bij de overige segmenten is nauwelijks of niet waarneembaar, nog het duidelijkst bij het segment C3/4. Een versterkte translatie van het versmalde segment of van de aangrenzende segmenten C4/5 en C6/7 is niet aantoonbaar.

De meetmethode is in de praktijk goed toepasbaar. Voordeel is, dat deze "met de hand" kan worden uitgevoerd zonder veel "instrumentarium". Wel is de methode, afhankelijk van ervaring en gewenste uitwerking van gegevens, meer of minder tijdrovend.

De klinische relevantie van dit proefschrift is dat het met behulp van bepaling van bewegingscentra met hoge betrouwbaarheid mogelijk is vast te stellen of een versmalde discus C5/6 op de röntgenfoto al dan niet verantwoordelijk gesteld kan worden voor het bestaan van klachten.

Het wetenschappelijke belang van dit proefschrift is niet alleen gelegen in de bijdrage, welke het levert tot het verkrijgen van meer inzicht in het bewegingspatroon van het lagere cervicale gebied onder normale omstandigheden en bij discusversmalling, doch het opent ook de mogelijkheid tot verder onderzoek van het bewegingsapparaat met deze meetmethode.

S U M M A R Y

This thesis describes the determination of segmental centres of movement (SCOM) of the lower cervical spine (C2/3 to C6/7 inclusive) in the sagittal plane.

The investigation was performed by means of radiographs taken in neutral position and in active and passive maximum anteflexion and extension positions. The method of measuring is a variant of methods described in the literature: the SCOM was measured by superposing each time two vertebra contour tracings of radiographs, in which abscissa-ordinate pairs were constructed for each segment.

All persons enrolled in the study gave informed consent beforehand.

The SCOMs at active movement of normal persons were found to be located in the lower vertebral body of each segment; SCOMs of more caudal segments higher in the vertebral body. This is in agreement with literature data. The SCOMs at passive and active movement have pretty similar positions, except at C3/4, where sometimes a difference in location is found. At C2/3 this difference occurs even often.

At increasing age, without radiologically detectable signs of degenerative disease, the SCOM tends to move downwards to a lower level.

Among persons with disc lesion C5/6 without cervical complaints and also without arousable pain under physical examination, the SCOMs are located on a level higher than that corresponding with the actual age of these persons. There is no tendency to a lower level here. The SCOMs at active and passive movement have a similar position.

Among persons with disc lesion C5/6 having complaints, pain under physical examination at active movement and also arousable at passive movement (particularly at extension), the SCOM at active movement shifts in ventral direction, but the SCOM at passive movement does not. Consequently, the position of the SCOM at active and passive movement differs. However, the levels of both SCOMs correspond with the actual age of these persons.

Usually the SCOM does not have a fixed position during the whole movement, but is shifting. This shifting is often "V-shaped" in the segments C2/3 to C5/6 inclusive. The craniodorsal part of the shift during extension is in normal discs at C3/4, C4/5 and C5/6 hardly discernible, whereas the shift in cranial or cranioventral direction during anteflexion is more pronounced.

The pattern of shifting of the SCOM at C6/7 differs from that of the other ones; this shift is in the caudocranial direction in an almost straight line (from extension to anteflexion).

Among persons with a disc lesion an increasing shift at C5/6 is seen, especially in the dorsocranial direction during extension. At anteflexion the direction of the shift changes to ventral or ventrocaudal.

Whereas the segmental rotatory mobility is highest at C4/5 and C5/6, and slightly lower at C3/4 and C6/7, the segmental translatory mobility at C6/7 is considerably lower than that of the other segments. At increasing age both mobility modalities are

decreasing, especially those of the higher segments.

Disc lesion C5/6 is accompanied by a reduction of both the rotatory and translatory mobility. This occurs at active as well as passive movement, but among the group with complaints the decrease at passive movement is much smaller. Among the group without cervical complaints the reduction of the translatory mobility is much stronger as compared with the reduction of the rotatory mobility.

Many changes can be seen in the other segments in case of disc lesion C5/6.

At these segments the SCOMs tend to shift in ventral direction, especially among the group without complaints. This group also shows that SCOMs have a higher location than that corresponding with the actual age.

At C4/5 and C6/7 changes of the shifting pattern can be seen; at C4/5 on a very characteristic way.

A slight increase of rotatory mobility occurs at the other segments, most clearly at C3/4. An increasing translatory mobility of the adjacent segments C4/5 and C6/7 however, is not detectable.

The clinical relevance of this thesis consists in showing that by determining the location of the SCOMs indications can be obtained on whether or not a disc lesion is the cause of existing complaints (see Appendix). However, the method is still rather time consuming and therefore difficult to be used as a routine diagnostic procedure.

A P P E N D I X

Whether or not cervical complaints are caused by disc lesion C5/6 can be stated.

To that end, an Index has to be calculated with the formula:

$$\text{Index} = 4 \times A + 6 \times B - 3 \times C$$

With a reliability of more than 98%, the level of the Index indicates that complaints either do or do not exist:

Index \geq 11.4: complaints do exist

Index $<$ 11.3: complaints do not exist

A: the distance between the SCOMs at active and passive movement of the segment C5/6

B: the translatory mobility at passive movement of segment C5/6

C: the distance between the SCOMs in flexion and extension at active movement of segment C6/7.

(A, B and C in millimetres)

No sign of degeneration must be present at segment C6/7.

If it is not possible to estimate one of the three values, a fixed value can be substituted:

$$4 \times A = 11.0, 6 \times B = 17.2 \text{ and } 3 \times C = 12.5$$

In order to determine the location of the SCOM, the following procedure has to be applied (see fig.1 A-F):

Make vertebra contour tracings (on not exposed, but only developed X-ray film). For example the radiograph of active flexion (F-tracing) and of active extension (E-tracing) of segment C5/6.

Fix the F-tracing on a lightbox with tape. With a pen draw four lines along the margin of the tracing on the lightbox to obtain a framework (fig.1-A).

Place the E-tracing on the F-tracing in such a manner as to cover completely C6 of both tracings (fig.1-B). Fix the E-tracing with tape. Remove the F-tracing carefully (fig.1-C) and fix it on the E-tracing taking care of covering C5 of both tracings (fig.1-D). Now remove the E-tracing (fig.1-E). The centre of the cross, obtained by connecting the points of intersection of the margin of the tracing and the framework is the location of the SCOM (fig.1-F). Repeat the procedure three times and calculate the average value (it is easier, to construct a abscissa-ordinate pair according fig.2).

Rotatory mobility can be measured at a point of intersection between the two margins.

Translatory mobility (B) at passive movement of segment C5/6 can be calculated by the formula:

$$B = \left\{ d + h \left(\frac{100 - Y'}{100} \right) \right\} \times 2 \sin \frac{\text{beta}}{2}$$

in which:

d = altitude of the disc C5/6

h = altitude of vertebral body C6 (measured at the dorsal side)

Y' = level of the SCOM in relation to the altitude (h) of C6

(in % of the total altitude; underside = 0%, upperside = 100%)

beta = rotatory mobility of segment C5/6 at passive movement



L I T E R A T U U R

- [1] AHO A., VARTIAINEN O., SALO O. Segmentary anteroposterior mobility of the cervical spine. Ann.Med.Intern.Fenn. 1955;44:287-99
- [2] ALBERS D. Eine Studie Über die Funktion der Halswirbelsäule bei dorsaler und ventraler Flexion. Fortschr.Röntgenstr. 1954;81:606-15
- [3] ALPAR E.K., KARPINSKY M. Late instability of the cervical spine. Arch.Ortop. Trauma.Surg. 1985;104:224-6
- [4] AMEVO B., MACINTOSH J.E., WORTH D., BOGDUK N. Instantaneous axes of rotation of the typical cervical motion segments: I. an empirical study of technical errors. Clin.Biomech. 1991;6:31-37
- [5] AMEVO B., WORTH D., BOGDUK N. Instantaneous axes of rotation of the typical cervical motion segments: II. optimization of technical errors. Clin.Biomech. 1991;6:38-46
- [6] AMEVO B., WORTH D., BOGDUK N. Instantaneous axes of rotation of the typical cervical motion segments: a study in normal volunteers. Clin.Biomech. 1991;6:111-117
- [7] ARLEN A. Meszverfahren zur Erfassung von Statik und Dynamik der Halswirbelsäule in der sagittalen Ebene. Man.Med.1978;16:25-35
- [8] ARLEN A. Röntgenologische Funktionsdiagnostik der Halswirbelsäule. Man.Med. 1979;17:24-32
- [9] BAKKE S.N. Röntgenologische Beobachtungen Über die Bewegungen der Wirbelsäule. Stockholm: Norstedt,1931
- [10] BALL J., MEIJERS K.A.E. On cervical mobility. Ann.Rheum.Dis. 1964;23:429-38
- [11] BECHTOLDT W. Was leisten Funktionsaufnahmen bei der Diagnose von Wirbelsäuleerkrankungen. Der Wirbels. in Forschung und Praxis 1964;28:28-32
- [12] BHALLA S.K., SIMMONS E.H. Normal ranges of intervertebral joint motion of the cervical spine. Can.J.Surg. 1969:181-7
- [13] BOLLE E.A.W., GOEBEL F., LENOIR J.M.H. Beschrijvende Statistiek 4e dr. Deventer: van Loghum Slaterus, 1986
- [14] BOLLE E.A.W., GOEBEL F., LENOIR J.M.H. Kansrekening 4e dr. Deventer: van Loghum Slaterus, 1981
- [15] BOLLE E.A.W., GOEBEL F., LENOIR J.M.H. Wiskundige Statistiek 2e dr. Deventer: van Loghum Slaterus, 1987
- [16] BRAAKMAN R., PENNING L. Hyperflexion sprain of the cervical spine. Radiol.Clin. Biol. 1968;37(6):309-20.
- [17] BROCHER J.E.W. Die Wirbelsäulenleiden und ihre Differentialdiagnose. 4e Aufl. Stuttgart:Thieme,1966
- [18] BROOKER A.E.W., BARTER R.W. Cervical Spondylosis - a clinical study with comparative radiology. Brain 1965;88:925-36
- [19] BROWN R.H., BURSTEIN A.H., NASH C.L., SHOCK C.C. Spinal analysis using a three-dimensional radiographic technique. J.Biomechanics 1976;9:355-65
- [20] BUETTI BAEUML C. Funktionelle Röntgendiagnostik der Halswirbelsäule. Stuttgart:Thieme,1954
- [21] BUETTI BAEUML C. Zur funktionelle Röntgendiagnostik der Wirbelsäule. Med.et Hyg. 1957;382(15):603-4
- [22] BUONOCORE E., HARTMAN J.T., NELSON C.L. Cineradiograms of cervical spine in diagnosis of soft tissue injuries. J.A.M.A. 1966;198:25-9

- [23] BUYS A. Statistiek om mee te werken. 3e dr. Leiden: Stenfert Kroese, 1989
- [24] CAPEN D.A., GARLAND D.E., WATERS R.L. Surgical stabilisation of the cervical spine. Clin. Orthop. 1985;196:229-37
- [25] COLACHIS C., STROHM B.R. Radiographic studies of cervical spine motion in normal subjects: Flexion and Hyperextension. Arch.Phys.Med. Rehab. 1965:753-60
- [26] COSSETTE J.W., FARFAN H.F., ROBERTSON G.H., WELLS R.V. The instantaneous center of rotation of the third lumbar intervertebral joint. J.Biomech. 1971;4(2):149-53
- [27] CYRIAX J. Textbook of orthopaedic medicine, vol.I. 8th ed. London: Bailliere Tindall, 1982
- [28] DECKING D., RAMISCH R. Der Wert des seitlichen Röntgenbildes der Halswirbelsäule für die Diagnostik. Man.Med. 1975;13(2):21-5
- [29] DECKING D., ter STEEGE W. Röntgenologische Parameter der Halswirbelsäule im seitlichen Strahlengang. Stuttgart: Hippokrates, 1975
- [30] DIMNET J., PASQUET A., KRAG M.H., PANJABI M.M. Cervical spine motion in the sagittal plane: kinematic and geometric parameters. J.Biomech. 1982;15(12):959-69
- [31] DITTMAR O. Röntgenstudien zur Mechanologie der Wirbelsäule. Z.Orthop.Chir. 1931;55:321
- [32] DOEHLER J.R., KAHN M.R.H., HUGHES S.P.F. Instability of the cervical spine after anterior interbody fusion. Arch.Orthop.Trauma.Surg. 1985;104:247-50
- [33] DUNKSER S.B., COLLEY D.P., MAYFIELD F.H. Kinematics of the cervical spine. Clin.Neurosurg. 1978;25:174-83
- [34] EFRON B. Computers and the theory of statistics: Thinking the unthinkable. SIAM Review 1979;21,4:460-80
- [35] EXNER G. Die Halswirbelsäule - Pathologie und Klinik. Stuttgart: Thieme, 1954
- [36] FERLIC D. The range of motion of the "normal" cervical spine. Bull.J.Hopkins Hosp. 1962;110:59-65
- [37] FICK R. Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. Jena: Gustav Fischer, 1903
- [38] FIELDING J.W. Normal and selected abnormal motion of the cervical spine from the second to the seventh cervical vertebra based on cineroentgenography. J.Bone Jt.Surg. 1964;46A (8):1779-81
- [39] FRIEDENBERG Z.B., MILLER W.T. Degenerative disc disease of the cervical spine. J.Bone Jt.Surg. 1963;45A:1171-8
- [40] GAIZLER Gy. Das Treppenphänomen an der Halswirbelsäule. Fortschr. Röntgenstr. 1971;114(3):317-22
- [41] GERTZBEIN S.D., HOLTBY R., TILE M., KAPASOURI A., CHAN K.W., CRUICKSHANK B. Determination of a locus of instantaneous centers of rotation of the lumbar spine by Moire fringes. Spine 1984;9(4):409-13
- [42] GERTZBEIN S.D., SELIGMAN J., HOLTBY R., CHAN K.W., KAPASOURI A., TILE M., CRUICKSHANK B. Centrode patterns and segmental instability in degenerative disc disease. Spine 1985;10(3):257-61
- [43] GERTZBEIN S.D., SELIGMAN J., HOLTBY R., CHAN K.W., OGSTON N., KAPASOURI A., TILE M. Centrode characteristics of the lumbar spine as a function of segmental instability. Clin.Orthop. 1986;206:48-51

- [44] GOEL V.K., CLARCK Ch.R., McGOWAN D., GOYAL S. An in-vitro study of the kinematics of the normal, injured and stabilized cervical spine. *J.Biomech.* 1984;17(5):363-76
- [45] GONNOT G.P., MESTDAGH H., DESCHAMPS G., DIMNET J., FISCHER L.P. Etude cinématique de la colonne cervicale dans le mouvement de flexion-extension. *Bull.Assoc.Anat.(Nancy)* 1983;67(199):433-43
- [46] GUTMANN G. Kopfgelenke und Kopfschmerz. *Man.med.* 1977; 15(1):1-15
- [47] HADLEY L.A. The spine, anatomico-radiographic studies. Springfield-Illinois:Thomas,1956
- [48] ten HAVE H.A.M.J. Voor/achterwaartse beweeglijkheid en afwijkingen van de halswervelkolom. Thesis Leiden, 1978.
- [49] de JONGE H. Inleiding tot de medische statistiek. 2e dr. Groningen: Wolters-Noordhoff,1963
- [50] JIROUT J. Studies in the dynamics of the spine. *Acta Radiol.* (Stockholm) 1956;46:55-60
- [51] KAPANDJI I.A. The physiology of the joints, vol.III. 2nd ed. Edinburgh,London,New York:Churchill Livingstone,1974
- [52] LYSELL E. Motion in the cervical spine - an experimental study on autopsy specimens. Diss.Goeteborg. *Acta Orthop. Scand. Suppl.*123,1969
- [53] van MAMEREN H. Motion patterns in the cervical spine. Thesis Maastricht 1988
- [54] van MAMEREN H., DRUKKER J., SANCHES H., BEURSGENS J. Cervical Spine Motion in the Sagittal Plane (I) Range of Motion of Actually Performed Movements, an X-ray Cinematographic Study. *Eur.J. Morphol.* 1990;29,1,47-68
- [55] van MAMEREN H., SANCHES H., BEURSGENS J., DRUKKER J. Cervical Spine Motion in the Sagittal Plane (II) Position of Segmental Averaged Instantaneous Centers of Rotation - A Cineradiographic Study. *Spine* 1992;17(5):467-74
- [56] MAYER E.Th. et al. Functional radiographs of the craniocervical region and the cervical spine. *Cephalalgia* 1985;5(4):237-43
- [57] MUELLER D. Zur Frage der "kompensatorischen Hypermobilität" bei anatomischen oder funktionellem Block der Wirbelsäule. *Radiologia diagnostica* 1960;1:345-50
- [58] MUNTEAN E. Zur Frühdiagnose der Lockerung im zervikalen Bewegungssegment. *Fortschr.Röntgenstr.*1952;77(5):553-61
- [59] NIEMEYER Th., PENNING L. Functional roentgenographic examination in a case of cervical spondylolisthesis. *J.Bone Jt.Surg.* 1963;45A:1671-8
- [60] OGSTON N.G., KING G.J., GERTZBEIN S.D., TILE M., KAPASOURI A., RUBENSTEIN J.D. Centrode patterns in the lumbar spine (baseline studies in normal subjects). *Spine* 1986;11(6):591-5
- [61] PANJABI M.M., GOEL V.K., WALTER S.D., SCHICK S. Errors in the center and angle of rotation of a joint: an experimental study. *J.Biom.Eng.* 1982;104,232-7
- [62] PANJABI M.M., SUMMERS D.J., PELKJER R.R., VIDEMAN T., FRIEDLAENDER G.E., SOUTHWICK W.O. Three-dimensional load-displacement curves due to forces on the cervical spine. *J.Orthop.Res.* 1986;4(2):152-61
- [63] PENNAL G.F., CONN G.S., McDONALD G., DALE G., GARSIDE H. Motion studies of the lumbar spine. *J.Bone Jt.Surg.*1972; 54B(3):442-52

- [64] PENNING L. Functioneel Röntgenonderzoek bij degeneratieve en traumatische aandoeningen der laag-cervicale bewegingssegmenten. Thesis Groningen, 1960
- [65] PENNING L. Functional pathology of the cervical spine. Excerpta Medica, 1968
- [66] PENNING L. Normal movements of the cervical spine. Am.J.Roentgenol. 1978;130:317-26
- [67] PENNING L., WILMINK J.T., van WOERDEN H.H. Inability to prove instability. Diagn.Imag.Clin.Med. 1984;53:186-92
- [68] PENNING L. Differences in anatomy, motion, development and aging of the upper and lower cervical disk segments. Clinical Biomechanics 1988;3:37-47
- [69] PUTZ R. Funktionelle Anatomie der Wirbelgelenke. Thieme Stuttgart, 1981
- [70] REICHMANN S., BERGLUND E., LUNDGREN K. Das Bewegungszentrum in der Lendenwirbelsäule bei Flexion und Extension. Z.Anat.Entwicklungsgesch. 1972;138(3):283-7
- [71] SCHER A.T. Mobility studies of the cervical spine - helpful but hazardous. S.A.Mediese Tydskrif (S.Afr.Med.J.) 1980;58:136-7
- [72] SCHER A.T. Radiographic indicators of traumatic cervical spine instability. S.A.Mediese Tydskrif 1982;62:562-5
- [73] SCHMORL G., JUNGHANS H. Die gesunde und die kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik. 4e Aufl. Stuttgart: Thieme, 1957
- [74] SELIGMAN J.V., GERTZBEIN S.D., TILE M., KAPASOURI A. Computer analysis of spinal segment motion in degenerative disc disease with and without axial loading. Spine 1984;9(6):566-73
- [75] STOKES I.A.F., WILDER D.G., FRYMOYER J.W., POPE M.M. Assessment of patients with low back pain by biplanar radiographic measurement of intervertebral motion. Spine 1981;6(3):233-40
- [76] STRASSER H. Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik, vol II. Berlin:Springer, 1913 (naar [2])
- [77] VORTMAN B.J. Kinesiologie der Halswirbelsäule vor und nach Manipulation. Man.Med. 1984;22:49-53
- [78] WEBER E.H. Anatomisch-physiologische Untersuchung über einige Einrichtungen im Mechanismus der menschlichen Wirbelsäule. Arch.Anat.Physiol. 1827:240 (naar [52,62])
- [79] WHITE A.A., SOUTHWICK W.O., PANJABI M.M. Clinical instability in the lower cervical spine. Spine 1976;1:15-27
- [80] WINSLOW M. Sur les mouvements de la tête, du col, et du reste de l'épine du dos. Histoire de l'Académie Royale des Sciences (de Paris) 1730 (naar [2,52])
- [81] WOESNER M.E., MITTS M.G. The evaluation of cervical spine motion below C2: a comparison of cineroentgenographic and conventional roentgenographic methods. 1972;115(1):148-54
- [82] ZEITLER E. Röntgenologische Differenzierung kompensierter und dekomensierter Bewegungseinschränkungen. Z.Orthop. 1963;97(Beilage H):218-22

T A B E L L E N

B I J L A G E

TABEL B - 1 HERHALINGSFOUT
WAARDEN PER SEGMENT VAN 1e EN 2e METING

S	HOEK	A	GM-1	GM-2	GM _X	CR	A-TU	A-BI-1	A-BI-2
1	6°	1.34	0.952	1.988	1.544	0.97	2.46	1.64	3.44
2	6°	2.43	1.752	1.431	1.915	1.09	3.14	3.09	2.65
3	6°	3.66	2.761	1.367	2.565	1.23	4.44	4.77	2.47
4	7°	1.86	1.141	1.350	1.563	1.08	2.49	2.05	2.56
5	7°	2.33	1.737	1.350	1.849	1.05	2.92	3.01	2.56
6	7°	2.48	1.423	1.141	1.457	1.25	2.70	2.45	1.85
7	7°	2.01	2.045	1.736	2.102	0.94	3.07	3.52	3.00
8	8°	1.80	0.787	1.317	1.239	1.13	2.11	1.41	2.31
9	8°	0.17	0.873	0.589	0.745	0.83	1.05	1.53	1.01
10	8°	3.00	0.775	0.940	1.676	2.18	3.18	1.29	1.63
11	9°	1.30	0.327	0.863	0.923	1.52	1.61	0.57	1.55
12	9°	2.52	0.607	1.336	1.476	1.54	2.66	1.07	2.39
13	9°	2.27	0.833	0.607	1.172	1.84	2.30	1.43	1.07
14	10°	1.90	0.607	0.432	1.058	2.19	2.02	1.07	0.78
15	10°	0.50	0.745	0.901	0.843	0.87	1.27	1.39	1.52
16	10°	4.33	1.503	1.108	2.498	2.07	4.68	2.62	1.91
17	10°	1.12	1.067	1.030	1.024	0.90	1.62	1.75	1.87
18	11°	1.42	0.728	0.952	1.081	1.22	1.75	1.24	1.64
19	11°	2.17	0.953	0.667	1.354	1.74	2.43	1.80	1.00
20	11°	1.18	0.873	0.816	1.041	1.10	1.62	1.53	1.42
21	12°	2.32	0.444	1.193	1.499	1.91	2.69	0.67	2.15
22	12°	0.83	0.833	0.925	0.930	0.91	1.39	1.43	1.61
23	12°	3.89	0.994	0.657	1.985	2.68	3.93	1.72	1.21
24	13°	1.65	0.657	0.858	1.013	1.32	1.80	1.21	1.52
25	13°	0.53	0.775	0.829	0.776	0.85	1.16	1.29	1.43
26	13°	1.54	0.745	1.139	1.151	1.10	1.89	1.39	2.03
27	13°	1.86	0.497	0.958	1.125	1.66	2.00	0.75	1.67
28	14°	3.40	0.589	0.432	1.759	3.87	3.45	1.01	0.78
29	14°	2.36	0.510	0.623	1.247	2.48	2.42	0.87	1.08
30	14°	2.27	0.432	0.432	1.181	2.99	2.32	0.78	0.78
31	15°	1.49	0.657	0.731	0.917	1.29	1.60	1.21	1.27
32	15°	1.34	0.851	0.913	1.038	1.14	1.72	1.44	1.59
33	15°	1.20	0.432	0.790	0.868	1.35	1.51	0.78	1.45
34	16°	1.77	0.222	0.858	0.949	1.95	1.80	0.33	1.51
35	16°	1.95	1.036	0.637	1.307	1.62	2.28	1.71	1.11
36	16°	2.24	0.958	0.623	1.361	1.83	2.51	1.67	1.08
37	16°	0.50	0.917	0.812	0.873	0.79	1.19	1.62	1.38
38	17°	1.57	0.863	0.629	1.125	1.54	1.92	1.55	0.94
39	17°	2.50	0.738	0.510	1.389	2.42	2.64	1.31	0.87
40	17°	1.07	0.222	0.623	0.671	1.69	1.20	0.33	1.08
41	18°	2.51	0.881	0.222	1.348	2.79	2.59	1.53	0.33
42	18°	1.58	0.829	0.432	0.927	1.53	1.68	1.43	0.78
43	19°	0.47	0.327	0.510	0.451	0.98	0.71	0.57	0.87
44	19°	0.60	0.714	0.623	0.680	0.87	0.99	1.19	1.08
45	20°	1.30	0.731	0.222	0.774	1.79	1.44	1.27	0.33
46	20°	1.17	0.510	0.731	0.762	1.25	1.34	0.87	1.27
47	21°	1.05	0.510	0.432	0.668	1.46	1.20	0.87	0.78
48	21°	1.51	0.444	0.607	0.884	1.92	1.66	0.67	1.07
49	22°	2.11	0.731	0.432	1.169	2.17	2.23	1.27	0.78
50	22°	1.17	0	0.589	0.703	2.50	1.26	0	1.01

TABEL B - 2 ZEER KLEINE HOEKEN
WAARDEN PER SEGMENT VAN 1e EN 2e METING

	A	GM-1	GM-2	CR	GCR	A-TU	A-BI-1	A-BI-2
3 - 1	7.00	3.470	3.883	1.61	1.42	8.58	5.02	5.63
3 - 2	7.19	2.600	2.633	1.93	1.67	7.59	3.93	3.95
3 - 3	1.70	2.826	3.999	1.02	0.83	5.37	4.22	6.29
3 - 4	3.97	2.809	3.045	1.26	1.03	5.48	4.19	4.54
3 - 5	2.73	2.991	2.490	1.09	0.85	4.53	4.53	3.81
3 - 6	4.10	3.576	5.859	1.05	0.91	7.45	5.37	8.83
3 - 7	1.86	3.035	3.265	1.00	0.79	4.74	4.56	4.90
3 - 8	3.92	3.130	2.097	1.36	1.10	5.21	4.64	3.03
4 - 1	2.41	2.719	2.363	1.13	0.87	4.34	4.25	3.40
4 - 2	4.39	2.212	2.244	1.44	1.15	4.96	3.40	3.51
4 - 3	5.26	3.087	2.115	1.54	1.28	6.00	4.55	3.24
4 - 4	3.95	2.683	2.459	1.29	1.03	5.06	4.13	3.73
4 - 5	0.57	1.246	1.651	0.98	0.52	2.15	1.91	2.49
4 - 6	4.82	2.382	3.679	1.32	1.10	6.02	3.54	5.57
4 - 7	3.10	2.602	2.512	1.27	1.01	4.85	3.95	3.67
4 - 8	2.85	2.274	2.283	1.25	0.94	4.07	3.11	3.40
5 - 1	1.17	1.584	1.825	0.99	0.61	2.64	2.58	2.77
5 - 2	2.96	1.526	2.466	1.23	0.92	3.89	2.48	3.83
5 - 3	1.78	2.654	1.672	0.95	0.65	3.21	4.17	2.60
5 - 4	3.14	1.960	3.117	1.12	0.89	4.72	3.16	5.23
5 - 5	1.72	2.738	2.350	0.98	0.72	3.85	4.24	3.65
5 - 6	2.24	1.471	2.373	1.16	0.82	3.42	2.31	3.60
5 - 7	1.14	1.585	2.515	0.96	0.65	3.05	2.51	3.81
5 - 8	1.75	2.559	1.312	0.99	0.66	2.96	4.05	1.91

TABEL B - 3 NORMALE PROEFPERSONEN
M-SERIE - SEGMENT C6/7
PENDELGROOTTE FE-A
ROTATOIRE MOBILITEIT BIJ EXTENSIE

	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9
PENDEL									
GROOTTE FE-A	4.13	6.54	6.37	5.00	-	1.57	3.88	3.09	1.64
ROT.MOB. NE									
ACTIEF	4	4	4	5	1	8	12	5	9
PASSIEF	7	4	5	7	4	9	15	6	9

TABEL B - 4 NORMALE PROEFPERSONEN
HET BEWEGINGSCENTRUM BIJ ACTIEF BEWEGEN
GEMIDDELDE X'- EN Y'- COORDINAAT IN DE
STANDAARDWERVEL (MET VARIANTIE) PER LEEFTIJDSGROEP

	C2/3		C3/4		C4/5		C5/6		C6/7	
	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'
COORDINATEN										
MANNEN										
22 JR	30.8	44.0	30.3	63.5	34.8	61.0	34.3	72.6	37.2	91.1
41 JR	25.0	21.2	25.6	44.6	34.0	52.2	35.3	71.1	38.4	86.7
VROUWEN										
22 JR	22.0	34.2	28.9	49.5	34.9	56.2	38.3	73.2	39.3	86.6
41 JR	26.6	17.6	32.0	41.9	31.9	45.5	35.0	61.0	39.0	80.4
VARIANTIE										
MANNEN										
22 JR	44.7	199.8	30.3	172.1	24.8	106.2	39.2	115.6	21.4	124.2
41 JR	72.0	423.7	67.1	156.4	40.9	157.7	35.7	82.0	43.1	99.8
VROUWEN										
22 JR	63.6	77.8	46.3	122.0	10.4	119.0	9.4	96.1	20.4	153.5
41 JR	107.2	647.4	49.8	200.6	31.7	106.9	24.3	110.6	9.9	46.2

TABEL B - 6 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
GCR-WAARDEN BIJ CLUSTERANALYSE
VAN HET ACTIEVE EN PASSIEVE BEWEGINGSCENTRUM
BIJ ANTEFLEXIE EN BIJ EXTENSIE

	HET ACTIEVE VERSUS PASSIEVE ANTEFLEXIEBEWEGINGSCENTRUM					HET ACTIEVE VERSUS PASSIEVE EXTENSIEBEWEGINGSCENTRUM				
	C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7	C2/3	C3/4	C4/5	C5/6	C6/7
M-1	1.54	2.84	1.50	0.97	0.21	1.96	1.81	0.12	0.65	0.84
M-2	-	1.37	0.67	0.72	1.22	1.14	0.59	0.86	0.62	0.73
M-3	-	0.91	0.83	0.92	0.50	0.80	0.42	0.39	0.55	0.99
M-4	0.95	1.29	0.43	0.52	0.20	0.72	1.05	0.64	0.33	1.74
M-5	0.90	1.90	2.61	0.78	1.05	0	0.19	0	1.29	-
M-6	1.50	1.66	1.74	0.89	2.52	1.31	0.59	0.55	0.98	0.82
M-7	2.99	1.91	2.30	1.62	1.43	0.61	1.33	1.28	0	0.84
M-8	2.27	0.84	1.81	0.39	0.52	1.57	2.68	0.55	1.52	2.09
M-9	0.72	1.60	0.92	1.60	1.48	2.46	0.42	1.27	0.65	1.25

TABEL B - 5 NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
PENDELEN
ONDERLINGE VERGELIJKING VAN DE BEWEGINGSCENTRA BIJ
ACTIEF EN PASSIEF BEWEGEN
MET BEHULP VAN CLUSTERANALYSE
GECORRIGEEERDE CR-WAARDEN PER SEGMENT

	C2/3		C3/4		C4/5		C5/6		C6/7	
	ACT	PASS	ACT	PASS	ACT	PASS	ACT	PASS	ACT	PASS
TOTALE BEWEGINGSTRAJECT										
M-1	3.98	1.13	4.07	0	3.29	1.82	2.33	1.40	1.21	1.95
M-2	-	-	0.95	1.58	0.56	0.78	0.53	1.32	2.45	2.60
M-3	-	-	1.13	0.25	2.10	1.90	1.85	3.38	2.26	1.93
M-4	4.68	3.23	3.57	0.87	4.04	1.38	2.58	1.08	1.71	3.80
M-5	2.76	2.70	1.41	1.68	3.12	1.55	0.46	0.40	-	2.29
M-6	2.93	2.12	4.33	4.68	0.86	3.83	1.61	0.84	0.53	2.48
M-7	2.92	3.03	3.99	0.52	2.94	1.39	1.62	1.13	1.74	0.84
M-8	1.39	1.21	2.47	0.86	1.38	1.22	1.39	0.45	1.32	2.51
M-9	0.59	1.45	1.49	3.61	2.04	3.22	3.11	0.79	0.62	2.38
DEELTRAJECT ANTEFLEXIE										
M-1	2.92	0.93	2.75	0	2.61	0.64	1.09	1.32	0.88	0.38
M-2	-	-	0.94	3.65	0.67	0.93	0.65	0.77	1.01	1.04
M-3	-	-	2.26	0.51	1.58	2.23	1.39	1.74	0.89	1.56
M-4	4.49	2.82	4.02	1.05	2.64	1.30	2.94	1.13	0.75	0.93
M-5	2.09	2.06	1.81	1.22	3.27	0.82	0.62	1.01	2.95	0.61
M-6	1.92	2.66	3.48	3.07	0.48	2.86	1.14	1.41	0.02	2.50
M-7	1.13	1.83	2.45	0.84	2.44	1.96	1.58	1.48	2.22	0.70
M-8	1.85	1.71	1.72	0.20	1.32	1.83	1.22	0.16	0.37	1.86
M-9	0.83	1.34	1.72	3.58	1.24	2.69	2.14	0.41	0.59	0.78
DEELTRAJECT EXTENSIE										
M-1	1.78	0.41	0.95	0.20	0.56	0.10	1.75	0.13	1.26	1.25
M-2	0.74	1.06	0.58	1.24	0.24	0.38	0.21	0.42	1.91	1.39
M-3	2.02	0.96	0.97	0.26	0.95	0.04	1.06	1.75	1.53	1.62
M-4	0	1.03	0	0	1.10	0.11	0.03	0.15	1.58	2.45
M-5	0.60	1.83	0.81	0.48	0.09	1.64	1.13	0.60	-	1.77
M-6	1.43	0.78	0	1.58	0.18	0.56	0.57	0.84	0.34	1.47
M-7	2.89	1.92	2.14	1.23	1.74	0.68	0	0	0.52	0
M-8	1.03	0.93	0.91	1.17	0.66	1.02	0.51	0.37	1.48	0.73
M-9	1.05	1.59	0.68	0	0.84	1.07	1.34	1.06	0.16	1.86

TABEL B - 7 (A) NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
ACTIEVE BEWEGINGSCENTRA
GEMIDDELDE LIGGING EN SPREIDING

	FE		NF		NE	
	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'
C2/3	30.8	44.0	14.6	65.3	22.4	39.8
sd.	7.1	15.0	6.5	15.1	8.1	24.0
sd. _{X'+Y'}	6.9		7.5		14.7	
C3/4	30.3	63.5	25.4	78.2	29.3	65.8
sd.	5.8	13.9	14.9	21.1	6.0	15.4
sd. _{X'+Y'}	6.4		9.9		7.4	
C4/5	34.8	61.0	41.8	77.8	31.0	60.6
sd.	5.3	10.9	26.6	13.6	3.8	10.9
sd. _{X'+Y'}	6.0		18.8		7.4	
C5/6	34.3	72.6	40.2	77.1	33.1	73.0
sd.	6.6	11.4	11.0	20.3	5.9	7.2
sd. _{X'+Y'}	4.3		10.9		4.2	
C6/7	37.2	91.1	35.9	100.3	43.6	89.3
sd.	4.9	11.8	5.6	11.1	8.5	11.4
sd. _{X'+Y'}	5.9		3.8		4.2	

TABEL B - 7 (B) NORMALE PROEFPERSONEN M-SERIE
PASSIEVE BEWEGINGSCENTRA
GEMIDDELDE LIGGING EN SPREIDING

	FE		NF		NE	
	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'
C2/3	23.4	50.2	10.7	63.1	21.5	53.2
sd.	12.4	11.1	14.1	17.9	12.9	19.5
sd. $X'+Y'$	6.4		10.2		10.8	
C3/4	32.4	63.2	29.5	68.9	32.0	71.2
sd.	4.3	11.3	10.3	15.2	5.3	12.7
sd. $X'+Y'$	5.8		9.4		5.6	
C4/5	36.2	59.7	36.4	75.4	35.6	63.0
sd.	3.4	10.2	8.0	11.8	5.9	9.1
sd. $X'+Y'$	3.4		6.2		5.0	
C5/6	35.3	70.8	37.5	74.1	34.4	71.5
sd.	4.8	12.8	7.6	13.6	6.9	9.2
sd. $X'+Y'$	6.1		4.4		5.5	
C6/7	40.0	88.8	41.7	95.8	38.9	75.8
sd.	4.0	9.8	9.3	9.4	8.3	13.1
sd. $X'+Y'$	5.4		5.0		8.8	

TABEL B - 8 NORMALE PROEFPERSONEN M -SERIE
OVERIGE BEWEGINGSCENTRA BIJ HERLEIDEN TOT FE-A (0,0)
GEMIDDELDE LIGGING EN SPREIDING

FE-P		NF-A		NF-P		NE-A		NE-P	
X"	Y"	X"	Y"	X"	Y"	X"	Y"	X"	Y"
C2/3									
-7.4	+6.2	-14.9	+21.2	-18.8	+19.0	-8.4	-4.2	-9.3	+9.2
sd. 14.8	9.0	10.4	23.6	19.8	24.8	9.9	13.7	15.4	10.3
sd _{X"+Y"} 6.4		5.8		14.8		7.9		8.5	
C3/4									
+2.1	-0.2	-4.9	+14.8	-0.9	+5.4	-1.1	+2.4	+1.6	+7.7
sd. 4.8	8.6	13.8	19.5	10.3	17.4	6.0	8.2	5.1	7.2
sd _{X"+Y"} 4.3		8.4		12.4		4.2		4.8	
C4/5									
+1.4	-1.3	+7.0	+16.8	+1.6	+14.4	-3.8	-0.4	+0.8	+2.0
sd. 5.5	6.8	22.9	10.1	11.7	11.0	5.6	8.6	4.3	10.6
sd _{X"+Y"} 4.0		16.6		4.9		3.8		6.5	
C5/6									
+0.9	-1.8	+5.9	+4.5	+3.2	+1.5	-1.2	+0.4	+0.1	-1.1
sd. 6.6	8.5	6.2	14.2	6.1	8.1	5.9	10.2	7.5	9.7
sd _{X"+Y"} 4.5		8.7		5.0		4.9		6.1	
C6/7									
+2.8	-2.3	-1.3	+9.1	+4.5	+4.7	+6.4	-4.8	+1.7	-15.3
sd. 5.4	8.1	5.1	7.8	8.5	7.8	13.4	8.4	10.0	8.4
sd _{X"+Y"} 3.5		4.0		3.7		5.6		4.3	

TABEL B - 9 NORMALE PROEFPERSONEN
SEGMENTALE ROTATOIRE MOBILITEIT
SPREIDINGSWAARDEN (sd.)

	M-SERIE actief	M-SERIE passief	V-SERIE	M+V SERIE	OM-SERIE	OV-SERIE	OM+OV SERIE
C2/3	2.0	2.3	3.5	3.1	2.2	2.4	2.4
C3/4	3.0	2.3	1.8	2.5	3.6	2.8	3.3
C4/5	2.4	3.7	3.7	3.0	4.1	2.1	2.2
C5/6	2.0	1.9	3.5	2.8	2.6	3.1	2.8
C6/7	2.6	1.9	2.3	2.4	2.1	3.5	2.8

TABEL B - 10 NORMALE PROEFPERSONEN
ACTIEVE SEGMENTALE TRANSLATOIRE MOBILITEIT
SPREIDING (sd.)

	M (22jr)	OM (41jr)	V (22jr)	OV (41jr)
C3/4	0.84	1.06	0.78	0.64
C4/5	0.88	0.96	1.12	0.82
C5/6	0.49	0.78	0.98	0.97
C6/7	0.56	0.50	0.86	0.56

TABEL B - 11 DISCUSVERSMALLING
VERMELDING VAN HET GESLACHT PER PERSOON
BEWEGINGSCENTRUM C5/6 BIJ ACTIEF EN PASSIEF BEWEGEN
COORDINATEN PER PERSOON
AFSTAND TUSSEN BEIDE CENTRA EN GCR-WAARDE

M/V	ACTIEF		PASSIEF		AFSTAND	GCR
	X'	Y'	X'	Y'		
DZ-1 V	27.5	77.2	46.6	78.7	3.85	1.21
DZ-2 V	26.4	85.7	30.9	69.4	2.60	1.71
DZ-3 V	40.9	73.0	45.5	81.4	1.74	1.01
DZ-4 V	31.2	73.8	24.5	59.1	2.67	1.61
DZ-5 V	43.8	67.7	45.9	71.6	0.85	0.20
DZ-6 M	36.9	64.0	36.1	68.0	0.71	0.12
DZ-7 V	32.0	92.2	31.3	79.0	2.11	1.07
DZ-8 V	28.6	45.4	32.5	47.3	0.83	0.23
GEM. sd.	33.4 (6.4)	72.4 (14.2)	36.7 (8.4)	69.3 (11.5)		
DM-1 V	50.0	46.7	48.2	57.0	1.57	0.66
DM-2 V	39.2	54.9	46.6	35.2	3.66	2.77
DM-3 V	37.7	52.0	25.0	48.4	2.71	1.71
DM-4 V	65.1	53.6	52.5	41.7	3.31	1.30
DM-5 V	34.1	27.9	31.1	38.3	1.90	0.82
DM-6 V	28.6	66.7	14.4	75.2	2.85	1.89
DM-7 M	56.2	92.8	29.5	69.4	7.44	3.09
DM-8 M	45.6	67.0	28.2	67.8	4.37	1.53
DM-9 V	51.2	75.0	29.3	64.2	4.72	4.48
DM-10 V	32.4	57.5	29.0	59.7	0.69	0.02
DM-11 V	47.3	69.2	35.0	68.9	2.61	1.61
DM-12 M	42.0	54.8	36.1	64.8	2.24	1.16
DM-13 V	34.5	28.6	55.7	41.7	4.48	4.60
GEM. sd.	43.4 (10.5)	57.4 (17.7)	35.4 (12.0)	56.3 (13.6)		

TABEL B - 12 DISCUSVERSMALLING SEGMENT C5/6
AFSTAND TUSSEN DE BEWEGINGSCENTRA
BIJ ACTIEVE EN PASSIEVE NE

DZ-1	DZ-2	DZ-3	DZ-4	DZ-5	DZ-6	DZ-7	DZ-8
-	1.05	0.50	2.39	2.55	1.73	1.10	2.87
DM-1	DM-2	DM-3	DM-4	DM-5	DM-6	DM-7	DM-8
3.26	2.36	2.81	-	8.23	4.55	4.26	1.16
DM-9	DM-10	DM-11	DM-12	DM-13			
1.67	3.00	3.42	4.01	6.48			

TABEL B - 13 DISCUSVERSMALLING SEGMENT C5/6
X"- EN Y" - COORDINAAT VAN DE NF-CENTRA
BIJ HERLEIDEN TOT HET NE-CENTRUM (0,0)
MET SPREIDINGSWAARDEN (sd.)

	ACTIEF		PASSIEF	
	X"	Y"	X"	Y"
M - SERIE	+ 7.23	+ 4.17	+ 3.09	+ 2.76
sd.	(10.29)	(19.69)	(11.05)	(10.92)
DZ - SERIE	+ 8.14	+ 4.47	+ 12.10	- 10.26
sd.	(14.27)	(29.82)	(21.40)	(32.30)
DM - SERIE	+ 25.38	- 4.08	+ 17.80	- 18.45
sd.	(29.86)	(28.86)	(26.42)	(22.33)

TABEL B - 14 DISCUSVERSMALLING SEGMENT C5/6
X"- EN Y"- COORDINAAT VAN DE NF- EN NE-CENTRA
BIJ HERLEIDEN TOT FE-A (0,0) MET VARIANTIE

	M-SERIE		DZ-SERIE		DM-SERIE	
	X"	Y"	X"	Y"	X"	Y"
ACTIEF NF-CENTRUM	5.91	4.48	5.74	15.54	16.58	5.20
var.	34.3	179.5	39.8	514.6	395.0	276.4
var. $X''+Y''$	75.7		165.1		144.7	
PASSIEF NF-CENTRUM	3.18	1.48	11.71	-0.19	4.42	-2.79
var.	32.7	58.7	401.4	417.7	334.9	274.4
var. $X''+Y''$	24.6		258.9		166.6	
ACTIEF NE-CENTRUM	1.21	0.40	-2.67	4.41	-7.18	9.06
var.	30.8	92.9	88.3	253.9	185.3	168.4
var. $X''+Y''$	24.0		128.0		112.9	
PASSIEF NE-CENTRUM	0.09	-1.12	-6.09	6.40	-12.38	15.04
var.	50.5	84.2	81.8	361.7	319.7	148.3
var. $X''+Y''$	37.0		150.6		109.4	

TABEL B - 15 DISCUSVERSMALLING SEGMENT C5/6
ANTEFLEXIE- EN EXTENSIECENTRA
X'- EN Y'- COORDINATEN IN DE STANDAARDWERVEL

	NF-A		NF-P		NE-A		NE-P	
	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'
DZ-SERIE	39.2	87.9	45.1	72.2	31.5	76.4	28.2	78.1
sd.	8.9	30.4	17.6	24.2	11.2	8.9	11.2	11.6
DZ-6 (M)	36.0	51.3	36.8	61.8	37.6	94.1	33.0	86.0
DZV	39.6	93.1	46.3	73.7	30.5	73.4	27.4	76.8
sd.	9.5	28.6	18.7	25.7	11.9	4.8	12.0	12.1
DM-SERIE	60.0	62.6	47.8	54.6	34.4	66.8	29.2	72.8
sd.	21.0	20.2	13.8	12.2	15.5	22.2	21.1	18.9
DMM	66.4	64.1	40.1	61.5	32.7	82.8	29.1	85.4
sd.	31.2	30.6	25.3	17.5	27.8	14.2	23.4	27.5
DMV	58.0	62.2	50.1	52.6	35.0	61.5	29.2	68.6
sd.	18.8	18.2	9.3	10.5	11.6	22.4	21.9	14.9

TABEL B - 16 DISCUSVERSMALLING OVERIGE SEGMENTEN
FE-BEWEGINGSCENTRA
GEMIDDELDE LIGGING EN SPREIDING

	C2/3		C3/4		C4/5		C6/7	
	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'
ACTIEF								
DZ-SERIE	33.5	37.8	36.5	44.3	36.7	53.0	38.8	84.2
var.	56.2	398.7	30.1	130.7	11.4	231.9	104.5	71.2
DM-SERIE	30.5	27.8	32.7	40.4	36.2	45.4	44.3	85.8
var.	17.0	361.0	38.2	188.2	37.0	257.8	102.0	162.2
DZV-SERIE	35.6	35.9	36.5	44.9	36.8	54.4	42.2	83.3
var.	30.0	427.5	34.3	146.6	13.0	250.0	27.4	75.1
DMV-SERIE	30.0	23.1	31.7	37.7	35.2	43.1	43.1	88.3
var.	20.3	336.7	36.8	167.6	37.9	255.4	93.6	149.8
DMM-SERIE	32.1	45.5	36.1	49.5	39.5	53.1	48.6	77.8
var.	2.8	122.4	27.8	150.8	19.7	188.9	106.6	118.1
PASSIEF								
DZ-SERIE	22.5	39.0	36.5	44.2	35.0	52.2	38.0	79.6
var.	72.4	253.5	34.7	115.6	28.1	118.6	22.1	137.2
DM-SERIE	32.9	23.4	31.4	42.0	35.5	49.4	46.7	83.4
var.	165.3	341.4	40.1	154.6	32.7	151.8	91.4	109.4
DZV-SERIE	21.6	36.4	35.4	46.5	35.6	50.5	37.6	79.4
var.	76.3	236.3	30.8	88.9	29.7	112.7	23.6	156.4
DMV-SERIE	34.1	21.3	31.5	39.2	35.3	50.0	45.9	83.9
var.	206.4	422.9	50.8	156.0	41.1	100.2	74.1	97.4
DMM-SERIE	28.9	30.4	31.2	51.1	36.2	47.4	49.4	82.0
var.	7.2	6.9	4.3	40.4	4.2	318.7	139.8	147.0

TABEL B - 17 DISCUSVERSMALLING DE SEGMENTEN C4/5 EN C6/7
ANTEFLEXIE- EN EXTENSIECENTRA
X'- EN Y'- COORDINATEN IN DE STANDAARDWERVEL

		NF-A		NF-P		NE-A		NE-P	
		X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'	X'	Y'
SEGMENT C4/5									
DZ-SERIE	38.1	53.0	34.7	47.9	37.3	58.1	34.8	54.5	
var.	266.0	463.6	65.2	157.1	86.2	360.0	28.7	271.2	
DM-SERIE	46.0	61.2	43.9	49.2	31.2	44.9	33.1	51.5	
var.	160.9	296.2	102.5	520.7	17.5	364.1	109.0	218.8	
SEGMENT C6/7									
DZ-SERIE	43.5	93.5	43.0	86.3	43.8	80.5	32.9	85.0	
var.	64.8	171.9	85.2	219.0	286.9	362.4	191.0	77.6	
DM-SERIE	45.4	88.0	44.5	87.4	38.5	90.8	45.8	81.4	
var.	151.3	50.4	27.7	124.4	61.9	142.5	211.2	201.4	

TABEL B - 18 DISCUSVERSMALLING SEGMENT C4/5
X"- EN Y"- COORDINATEN BIJ HERLEIDEN TOT FE-A (0,0)

FE-P		NF-A		NF-P		NE-A		NE-P	
X"	Y"	X"	Y"	X"	Y"	X"	Y"	X"	Y"
DZ-SERIE									
-0.4	-3.9	1.4	-0.1	-2.0	-4.8	0.6	5.1	-1.9	1.7
var.	34.0	45.7	196.0	344.5	54.5	173.4	105.0	118.7	34.7
var.	$X''+Y''$	11.7	63.0	61.6	70.3	30.9			
DM-SERIE									
-0.6	3.9	10.1	12.2	7.9	1.0	-5.0	-0.6	-3.1	6.1
var.	11.5	142.8	116.5	82.4	96.6	308.5	31.1	71.7	76.2
var.	$X''+Y''$	62.7	66.5	132.2	26.2	87.1			

TABEL B - 19 DISCUSVERSMALLING
 ROTATOIRE MOBILITEIT C2/7
 TOENAME BIJ PASSIEF BEWEGEN IN
 VERGELIJKING MET ACTIEF BEWEGEN
 (in graden)

M-SERIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
toename	15	0	2	10	10	5	10	10	5				
DZ-SERIE	1	2	3	4	5	6	7	8					
toename	4	5	10	8	8	7	5	10					
DM-SERIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
toename	11	6	32	18	8	15	4	20	6	2	12	14	7

TABEL B - 20 DISCUSVERSMALLING SEGMENT C5/6
 ROTATOIRE MOBILITEIT
 TOTALE TRAJECT, ANTEFLEXIE EN EXTENSIE

	TOTAAL		ANTEFLEXIE		EXTENSIE	
	ACT	PASS	ACT	PASS	ACT	PASS
DZ-1	5	5	4	4	1	2
DZ-2	16	17	8	9	8	8
DZ-3	16	18	8	9	8	9
DZ-4	16	12	4	3	12	9
DZ-5	11	12	6	7	3	5
DZ-6	15	16	11	10	5	6
DZ-7	14	16	8	10	5	6
DZ-8	14	16	8	9	6	7
DM-1	15	21	9	9	7	10
DM-2	15	17	4	6	10	11
DM-3	10	19	3	6	8	14
DM-4	5	7	6	8	0	-1
DM-5	9	11	6	7	3	4
DM-6	13	22	5	7	8	15
DM-7	10	9	4	5	5	4
DM-8	8	12	4	5	4	7
DM-9	15	18	3	4	11	13
DM-10	20	22	8	9	13	12
DM-11	14	16	8	8	6	8
DM-12	17	21	9	12	8	9
DM-13	11	11	5	5	6	7

TABEL B - 21 DISCUSVERSMALLING SEGMENT C5/6
TRANSLATOIRE MOBILITEIT BIJ PASSIEVE FE

DZ-1	DZ-2	DZ-3	DZ-4	DZ-5	DZ-6	DZ-7	DZ-8
0.63	2.83	2.55	2.20	1.90	2.90	2.33	2.35
DM-1	DM-2	DM-3	DM-4	DM-5	DM-6	DM-7	DM-8
4.17	4.73	4.38	1.82	2.78	3.33	1.82	2.26
DM-9	DM-10	DM-11	DM-12	DM-13			
3.04	4.21	3.14	4.37	2.44			

TABEL B - 22 DISCUSVERSMALLING SEGMENT C5/6
ROTATIE/TRANSLATIE-QUOTIENTEN

ACT PASS			ACT PASS			ACT PASS		
M-1	7.2	6.6	DZ-1	7.7	7.9	DM-1	4.4	5.0
M-2	5.6	5.1	DZ-2	8.0	6.0	DM-2	4.5	3.6
M-3	5.3	5.0	DZ-3	6.0	7.1	DM-3	4.5	4.3
M-4	4.7	5.4	DZ-4	7.0	5.4	DM-4	4.5	3.8
M-5	4.4	4.2	DZ-5	5.8	6.3	DM-5	3.5	4.0
M-6	4.2	3.6	DZ-6	5.2	5.5	DM-6	5.8	6.6
M-7	5.2	5.2	DZ-7	9.2	6.9	DM-7	7.9	5.0
M-8	4.4	5.5	DZ-8	4.5	4.6	DM-8	5.2	5.3
M-9	4.2	3.8				DM-9	7.2	5.9
						DM-10	5.0	5.2
						DM-11	5.1	5.1
						DM-12	4.2	4.8
						DM-13	3.9	4.5

CURRICULUM VITAE

Bernard Jacob Vortman werd geboren op 12 september 1943 te Zwolle. Het eindexamen H.B.S.- B werd aldaar behaald in 1961. In dat jaar begon hij de studie geneeskunde aan de Rijks Universiteit te Groningen. Het artsexamen werd behaald in 1969.

In de daarop volgende twee jaar was hij werkzaam in Militaire Dienst als bataljonsarts, tevens was hij waarnemend huisarts.

In 1971 begon hij zijn opleiding tot revalidatiearts in het Revalidatiecentrum "Het Roessingh" en het (voormalige) ziekenhuis "Ziekenzorg" te Enschede. In 1975 werd hij als revalidatiearts ingeschreven in het specialistenregister.

Zijn verdere levensloop werd bepaald door een voorval, dat tijdens zijn specialisatie plaatsvond. Op de eerste dag van het prothesiologiecongres in Montreux kreeg hij heftige rugklachten, welke ontstonden terwijl hij bukte om iets op te rapen. Na drie dagen pijn werd hij behandeld met een manipulatie. Binnen een uur na de behandeling was de pijn verdwenen. Sedertdien heeft hij zich verdiept in de Manuele Geneeskunde.

In 1975 begon zijn, oorspronkelijk tijdelijke, verbintenis bij de Stichting Manuele Geneeskunde te Eindhoven. In 1978 werd hij benoemd tot hoofd van de polikliniek. Tot op heden, is hij nog steeds als zodanig werkzaam.

Naast het poliklinisch behandelen van patienten, heeft hij een bijdrage geleverd aan het verbreiden van de kennis van de Manuele Geneeskunde in Nederland. Tevens was hij betrokken bij het opzetten van een vernieuwde opleiding "Manuele Geneeskunde voor Artsen" in het begin van de tachtiger jaren. Als hoofddocent is hij bij deze opleiding, welke onder auspiciën van de Nederlandse Vereniging van Artsen voor Manuele Geneeskunde wordt gegeven, nog steeds actief.

